Anwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse der Echoencephalographie im Kindesalter

von

Margrit Jacobi

aus Aschaffenburg

1966

1967 № 105

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535727_0030

Aus der Neurochirurgischen Klinik der
Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. W. Schiefer

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN UND ERGEBNISSE DER ECHOENCEPHALOGRAPHIE IM KINDESALTER

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich - Alexander - Universität

Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von

Margrit Jacobi

Aschaffenburg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät

der Universität Erlangen - Nürnberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. Dr. Steinhardt

Referent: Prof. Dr. W. Schiefer

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Juli 1966

Besonders danken möchte ich Herrn Professor Dr. W. Schiefer für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. E. Kazner für die unermüdliche Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit.
Ebenfalls möchte ich Herrn Professor Dr. G. Hegemann meinen Dank dafür aussprechen, daß ich an seiner Klinik arbeiten durfte.

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Einleitung 1

II. Physikalische Grundlagen 2

III. Untersuchungstechnik 3

IV. Besonderheiten der Echoencephalographie bei Kindern (nach Angaben des Schrifttums) 5

V. Das normale Echoencephalogramm im Säuglings- und Kindesalter 7

VI. Die Echoencephalographie bei pathologischen Prozessen des Schädelinhaltes im Kindesalter 19

1. Hirntumoren 19

2. Schädel-Hirnverletzungen 34

3. Kindlicher Hydrocephalus 47

4. Cerebrale Krampfanfälle, frühkindliche Hirnschädigung 54

5. Sonstige Erkrankungen 55

6. Die Echoencephalographie bei Nachuntersuchungen und in der Verlaufsbeobachtung 55

VII. Fehler und Grenzen der Echoencephalographie 59

VIII. Zusammenfassung 61

IX. Literaturverzeichnis 63

I. Einleitung

Der Erfolg eines operativen Eingriffes bei einem raumfordernden intrakraniellen Prozeß hängt weitgehend vom Zeitpunkt seiner Erkennung ab. Je früher eine derartige Erkrankung diagnostiziert wird und je geringfügiger die klinischen Manifestationen noch sind, umso günstiger ist die Prognose zu stellen. Neben der genauen Erhebung der Vorgeschichte und des neurologischen Befundes, sowie der einfachen Röntgenaufnahme des Schädels, stehen uns hier die Elektroencephalographie und die Kontrastmittelmethoden als wichtigste Hilfsuntersuchungen zur Verfügung. Während die hirnelektrische Untersuchung ambulant durchgeführt werden kann, setzen Angiographie und Pneumencephalographie die stationäre Aufnahme in einem Krankenhaus voraus. Mancher Patient lehnt jedoch im Anfangsstadium seiner Erkrankung diese diagnostischen Eingriffe ab, da er hiervon zusätzliche Beschwerden befürchtet und verhindert auf diese Weise die rechtzeitige Stellung der Diagnose. Speziell bei Kindern treten diese Gesichtspunkte immer wieder in den Vordergrund, da die Durchführung der Kontrastmitteluntersuchungen von der Einwilligung der Eltern abhängt und diese glauben, daß ihre Kinder hierdurch einer zu großen Gefährdung ausgesetzt würden. Unsere Bemühungen müssen daher zum Ziel haben, weniger belastende Methoden zu entwickeln, die eine genauere Auswahl der Patienten für die Kontrastmitteluntersuchungen zulassen oder diese sogar in einzelnen Fällen ersetzen können.

Einen Fortschritt in dieser Richtung bedeutet die Ultraschalluntersuchung des Gehirns in Form der 1955 von LEKSELL angegebenen "Echoencephalographie". Sein Bestreben ging dahin, eine für den Patienten ungefährliche, einfach zu handhabende und schnell durchführbare Methode zu entwickeln, um raumfordernde intrakranielle Blutungen nach Schädel-Hirnverletzungen rascher diagnostizieren

zu können. Sie wurde in den letzten Jahren vor allem in Europa und Japan weiter ausgebaut und entwickelt sich zu einem routinemäßigen Untersuchungsverfahren in der neurologisch-neurochirurgischen Diagnostik.
Da eine ausführliche Darstellung der Anwendungsmöglichkeiten im Kindesalter fehlt, haben wir mit der folgenden Arbeit versucht, diese Lücke zu schließen. Die hier mitgeteilten Ergebnisse stützen sich auf 1500 Echoencephalogramme, die bei 549 Kindern abgeleitet wurden.

II. Physikalische Grundlagen

Das menschliche Ohr vernimmt Schallwellen im Frequenzbereich zwischen 16 und 18 000 Schwingungen pro Sekunde (Hz). Höhere Frequenzen bezeichnet man als Ultraschall. Die bei der Untersuchung des Schädels in Frage kommenden Frequenzen schwanken zwischen 1 und 6 MHz.
Im Gegensatz zum hörbaren Schall hat der hochfrequente Ultraschall die Eigenschaft, sich wie ein Lichtstrahl geradlinig auszubreiten und nur wenig zu streuen. Der Ultraschall wird in einem sogenannten piezoelektrischen Kristall oder Schwingquarz (meist Bariumtitanat) erzeugt. Dieser ist bei den gebräuchlichen Impulsschallgeräten in einem Prüfkopf enthalten, der an den Schädel angelegt wird und gleichzeitig als Sender und Empfänger dient. Die Methode beruht auf der Tatsache, daß an der Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlicher Dichte und Schalleitungsfähigkeit Ultraschallenergie reflektiert wird. Die vom Kristall aufgefangenen Grenzflächenreflexionen, die Echos, werden in elektrische Wellen umgewandelt und je nach ihrer Laufzeit an einer bestimmten Stelle auf dem Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre aufgezeichnet. Die Echos stellen dabei senkrechte Auslenkungen des Kathodenstrahls dar. Der Maßstab auf dem Bildschirm läßt sich genau in Zentimeter oder Millimeter Gewebe eichen, da die Schallgeschwindigkeiten in den beschallten Medien abgesehen vom Knochen nur wenig differieren. Die günstigsten Reflexionsbedingungen liegen wor, wenn das vom Prüfkopf ausgesandte Ultraschallstrahlenbündel eine Grenzfläche weitgehend senkrecht trifft oder ein sehr hoher Unterschied in den akustischen Impedanzen (Produkt aus Schallgeschwindigkeit und Dichte) besteht.

Unsere Untersuchungen wurden mit einem Impulsschallgerät der Firma Siemens Reiniger Werke AG, Erlangen (Echo-Encephalograph nach Krautkrämer, Typ USM 1) durchgeführt. Wir verwen-

deten Prüfköpfe von 10, 15 und 24 mm Durchmesser mit Frequenzen von 1, 2, 4 und 6 MHz. Am häufigsten wurde ein Schallkopf von 15 mm Durchmesser mit einer Frequenz von 2 MHz benutzt. Bei Kindern unter einem Jahr und bei Vorliegen eines Hydrocephalus internus wurden die besten Ergebnisse mit Prüfköpfen von 15 mm Durchmesser und 4 MHz erzielt.
Die zur Untersuchung benötigten Schallintensitäten sind so gering (maximal 5 mW/cm^2), daß eine Gewebsschädigung nicht möglich ist (vgl. auch ADAM, 1949; BARTH und BÜLOW, 1949; GORDON, 1959, TAYLOR et al., 1961, JEPPSSON, 1961).

Die Dokumentation erfolgte mit einer Polaroid-Land-Camera auf Polascope Film Type 410, der besonders kontrastreiche Aufnahmen ermöglicht. Die Filmempfindlichkeit liegt bei etwa 40/10 DIN, weshalb sehr kurze Belichtungszeiten gewählt werden können.

III. Untersuchungstechnik

Zur Durchführung der echoencephalographischen Untersuchung sind keine besonderen Vorbereitungen erforderlich. Nach Messung des bitemporalen Kopfdurchmessers mit einem Tastzirkel wird der Prüfkopf im Bereich der Temporalregion etwas oberhalb des Ohransatzes angelegt. Der Kontakt mit der Kopfhaut läßt sich durch Verwendung geeigneter Kopplungsmittel auch am behaarten Kopf in völlig ausreichendem Maße herstellen. Wir verwenden hierzu Vaselinum flavum, verschiedene Elektrodengelees oder Polyäthylenglykol. Die Untersuchung wird nacheinander von beiden Seiten aus durchgeführt, um eine schnelle Kontrolle der Ergebnisse zu ermöglichen.
Die Untersuchungsbedingungen sind bei Kindern besonders günstig, da der Schädelknochen noch ziemlich dünn ist und der Ultraschall nur relativ wenig absorbiert wird. Dadurch erhält man bei Kindern, speziell bei Säuglingen, wesentlich mehr und höhere Reflexionen als beim Erwachsenen und kann auch von anderen Ansatzpunkten aus die Untersuchung vornehmen (z.B. parietal, occipital oder frontal), wodurch bei bestimmten Krankheitsbildern zusätzliche Informationen gewonnen werden können.

Bei der temporalen Beschallung des Schädels tritt je nach der verwendeten Schallintensität eine Reihe von Kathodenstrahlauslenkungen auf, von denen das Initial-, das Mittel- und das Endecho die wichtigsten sind. Das Initialecho setzt sich zusammen aus Sendeimpuls, der durch elektrische Potentialschwankungen am Kristall hervorgerufen wird, und den Reflexionen, die an Haut, Muskel und Knochen direkt unter dem Prüfkopf entstehen. Als Endecho bezeichnet man einen Komplex von Reflexionen, der an den gleichen Strukturen der gegenüberliegenden Schädelseite zustande kommt, wobei der erste Anstieg der Durainnenfläche zuzuschreiben ist. Entscheidend für die Beurteilung des Echoencephalogramms ist dieser Anstieg, der den Austritt des Ultraschalls aus dem Gehirn markiert. Zwischen Initial- und Endecho liegt das sogenannte Mittellinienecho, kurz Mittelecho, das wichtigste Kriterium bei der Ultraschalluntersuchung des Gehirns. Das Mittelecho findet sich normalerweise nicht auf halbem Wege zwischen den beiden erstgenannten Reflexionen, sondern etwas näher dem Endecho. Dieser Umstand läßt sich dadurch erklären, daß auf der Seite des Prüfkopfes auch noch Haut, Muskel und Knochen vom Ultraschall durchlaufen werden müssen bis die Mittelstrukturen erreicht werden, während der Abstand Mittelecho-Endecho um denselben Betrag kürzer ist. Die Lage des theoretischen Mittelechos kann einfach berechnet werden: sie entspricht der Hälfte des mit dem Tastzirkel ermittelten Kopfdurchmessers. Eine weitere Möglichkeit, die Lage des rechnerischen Mittelechos zu bestimmen, besteht darin, daß man mit 2 Prüfköpfen arbeitet und das Gerät von Impuls-Reflexions-Verfahren auf Transmissions- bzw. Durchschallungsverfahren umschaltet. Hierbei durchläuft der Ultraschall im Gegensatz zur Echomethode die Wegstrecke nur einmal und hat infolgedessen nur die halbe Laufzeit. Dadurch erscheint die Auslenkung des Kathodenstrahls auf dem Bildschirm an der Stelle des halben Kopfdurchmessers. Eine einfache Kontrolle des Untersuchungsergebnisses besteht auch darin, daß man die Wegstrecken Initialecho-Mittelecho von rechts

und von links addiert, die zusammen den Kopfdurchmesser ergeben müssen.

IV. Besonderheiten der Echoencephalographie bei Kindern (nach Angaben des Schrifttums)

Die Unterschiede zwischen der Echoencephalographie bei Erwachsenen und Kindern stellte zuerst JEPPSSON 1961 heraus. Während bei Erwachsenen die verkalkte Epiphyse eine wesentliche Quelle des Mittelechos bildet (LEKSELL, 1958), sind für das Zustandekommen des Mittellinienechos beim Kind andere Strukturen an erster Stelle zu nennen, da mit einer Verkalkung der Zirbeldrüse frühestens gegen Ende des ersten Lebensjahrzehnts zu rechnen ist (LILJA, 1939), JEPPSSON, 1961). Nach den Untersuchungen von JEPPSSONentsteht das Mittelecho in diesem Lebensalter hauptsächlich durch Reflexionen des Ultraschalls an den Wänden des 3. Ventrikels, am Septum pellucidum und am Interhemisphärenspalt. Von diesen Strukturen kann man zwar auch beim Erwachsenen Echos ableiten (vgl. SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER, 1963), beim Kind gelingt dies aber wegen der dünnen Schädelkalotte wesentlich leichter.

LITHANDER (1961) berichtete über echoencephalographische Untersuchungsergebnisse bei 116 Kindern. Sie kam dabei zu folgenden Schlußfolgerungen: Die Echoencephalographie besitzt bei Säuglingen für die Diagnose extracerebraler Blutansammlungen keinen Wert. Ein kindlicher Hydrocephalus kann dagegen mit großer Sicherheit bestimmt werden. 10 Fälle mit Zeichen einer Ventrikelerweiterung im Echoencephalogramm werden mitgeteilt.

SCHIEFER, KAZNER und BRÜCKNER (1963) wendeten die Echoencephalographie zur Diagnose des kindlichen Hydrocephalus an und konnten hier die Ergebnisse LITHANDERs bestätigen. Darüberhinaus fanden sie, daß die Echoencephalographie ein sehr wertvolles Verfahren bei Kontrolluntersuchungen nach Anlegen von Ventrikel-Herzvorhofdrainagen darstellt. Hierbei ließ sich oft ein Rückgang des Hydrocephalus nachweisen.

GELETNEKY (1964) betonte den Wert der Echoencephalographie bei cerebralen Erkrankungen im Säuglings- und Kindesalter. Bei folgenden Erkrankungen hält er die Ultraschalluntersuchung für indiziert: Schädel-Hirntrauma, subdurale Hydrome und Hämatome, Hydrocephalus, Tumoren, Mißbildungen und frühkindliche Hirnschäden.

G. JACOBI (1964) berichtete über die Erfahrungen mit der Echoencephalographie am Krankengut einer Kinderklinik. Er stellte besonders den Wert der Methode für die Erkennung subduraler Ergüsse

und von supra- und infratentoriellen Hirntumoren heraus.

HATA et al. (1964) führten bei Hydrocephaluspatienten postoperative Verlaufskontrollen mittels der Ultraschallreflexionsmethode durch, um den Operationserfolg zu bestimmen. Dabei wurde nicht nur die übliche temporale Beschallungsmethode angewendet, sondern auch noch von frontal und der Fontanelle her geschallt.

Über Untersuchungen mit Ultraschall zur Diagnose und Verlaufskontrolle des kindlichen Hydrocephalus bei 75 Patienten veröffentlichten UMBACH und KLEY (1965) eine Studie, die zu dem Ergebnis gelangt, daß die Echoencephalographie für die Diagnostik normaler und hydrocephal erweiterter Seitenventrikel und dritter Ventrikel ein brauchbares Verfahren darstellt. Meßvergleiche mit Heliumencephalogrammen zeigten eine exakte Übereinstimmung beider Methoden. Bei 28 Kindern wurden postoperative Verlaufsuntersuchungen vorgenommen, die jederzeit eine Beurteilung der Hirnkammergröße und Hirnmanteldicke ermöglichten. Die Autoren kommen zu der Auffassung, daß vor allem nach operativen Verfahren der Liquorableitung die Echoencephalographie eine wesentliche diagnostische Vereinfachung bedeutet.

G. JACOBI, KAZNER u. WOLLENSAK (1966) stellten die echoencephalographischen Kriterien bei kindlichen subduralen Ergüssen und Hämatomen heraus. Bei 22 von 31 Kindern ließen sich zusätzliche Reflexionen vor dem Endecho registrieren ("Hämatomecho"), die an der Grenzfläche zwischen Gehirn und dem Hämatom entstanden waren und wertvolle Hinweise für die Diagnose einer derartigen Erkrankung erbrachten. Außerdem fanden sie bei diesen Kindern häufig zusätzlich eine Erweiterung der dritten Hirnkammer, die jedoch nicht das Ausmaß wie beim kindlichen Hydrocephalus internus erreichte.

SJÖGREN (1965) gab für Kinder nachfolgende Indikationen der Echoencephalographie an:

1. Kinder mit Hydrocephalusverdacht.
2. Differentialdiagnose zwischen Hydrocephalus und Megalencephalus.
3. Überwachung von hydrocephalen Kindern vor und nach Operation.
4. atypische Hydrocephalusformen (Balkenmangel, Porencephalie).
5. Hirnatrophien.
6. Raumfordernde intrakranielle Prozesse bei älteren Kindern.

Eigene Untersuchungen

In der Zeit von Juli 1962 bis Januar 1966 haben wir 549 Kinder echoencephalographisch untersucht. Hiervon waren 360 Patienten, die in der Neurochirurgischen Klinik der Universität Erlangen-Nürnberg wegen Verdachts auf einen pathologischen intrakraniellen Prozeß augenommen wurden. Die übrigen 189 Kinder wurden in der chirurgischen Klinik der Universität Erlangen - Nürnberg echoencephalographiert, um die Grenzen zwischen normalen und pathologischen Ultraschallbefunden des Gehirns bestimmen zu können. Diese Kinder wiesen keine Zeichen eines raumfordernden intrakraniellen Prozesses auf.

V. Das normale Echoencephalogramm im Säuglings- und Kindesalter

Die Beurteilung eines Echoencephalogramms bei einem Säugling oder Kleinkind gestaltet sich oft wesentlich schwieriger als beim Erwachsenen. Die Dicke der Schädeldecke im Temporalbereich (hierunter verstehen wir Kopfschwarte, Muskulatur und Knochen) beträgt bei Neugeborenen nach eigenen Messungen etwa 4 mm. Sie steigt im Laufe der ersten Lebensmonate und Jahre stetig an und erreicht beim 14-jährigen Jugendlichen mit durchschnittlich 9-10 mm fast die gleichen Werte wie beim Erwachsenen (vgl. Abb. 1). Sie ist also im Säuglings- und Kleinkindesalter wesentlich dünner als beim Erwachsenen. Die entscheidende Bedeutung kommt hier allerdings der Dicke des Schädelknochens zu. Diese überschreitet bei Säuglingen und Kleinkindern im Bereich der Temporalschuppe nur selten einen Wert von 1-1, 5 mm, während wir bei Erwachsenen im Bereiche des Os temporale Knochendicken von 2, 5-4, 5 mm gefunden haben. Dadurch wird bei der zweimaligen Passage des Ultraschalls durch den kindlichen Schädel wesentlich

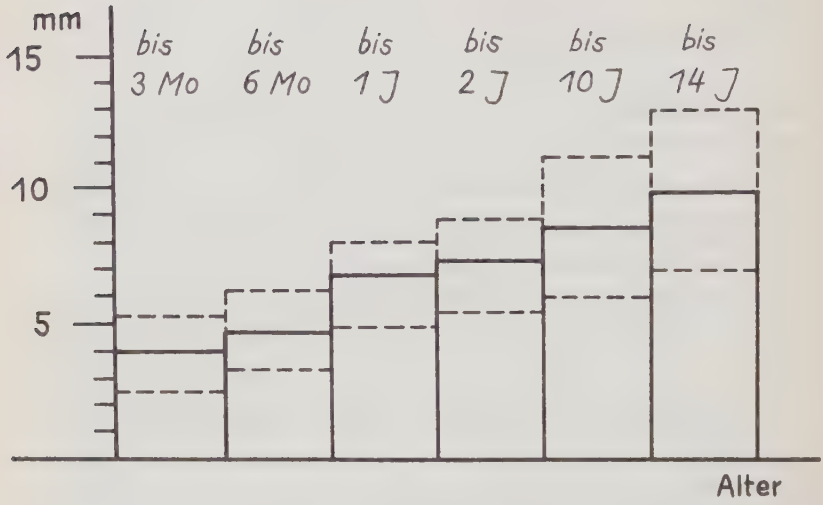


Abb. 1. Zunahme der Schädeldeckendicke im Schläfenbereich bis zum 14. Lebensjahr (echoencephalographische Messungen).

weniger Energie absorbiert und es erscheinen wesentlich mehr Reflexionen auf dem Bildschirm. Allerdings sind viele dieser Auslenkungen so variabel, daß sie schon bei leichtester Positionsänderung des Prüfkopfes auf dem Bildschirm verschwinden und neue Echos auftauchen. Es entsteht so ein sehr verwirrendes Bild, das auf den ersten Blick keine Differenzierung zuzulassen scheint. Es gibt jedoch auch bei Kindern konstante Ultraschallreflexionen, die zur Diagnostik intrakranieller Erkrankungen mit Erfolg herangezogen werden können. Bei 189 Kindern im Alter von 3 Tagen bis zu 14 Jahren ohne raumfordernden intrakraniellen Prozeß wurden eingehende echoencephalographische Untersuchungen vorgenommen,

um die bereits normalerweise im Echoencephalogramm vorhandenen Reflexionen zu studieren und die Grenzen zum Pathologischen festzulegen. Alle Untersuchungen wurden von einem temporalen Beschallungsfeld aus vorgenommen, das etwa der Ansatzfläche des Musculus temporalis auf der Temporalschuppe entsricht (s. Abb. 2). Als günstigster Ansatzpunkt hat sich da-

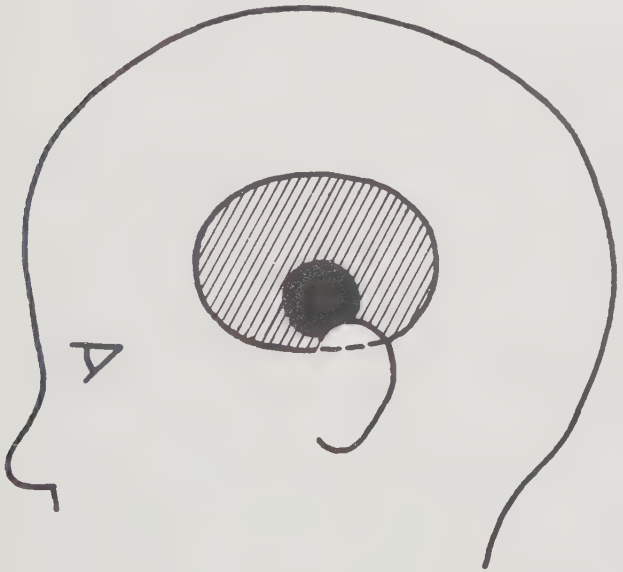


Abb. 2. Temporales Beschallungsfeld am kindlichen Schädel (schraffiert). Direkt über dem Ohr (schwarzes Feld) Beschallungspunkt für das Mittelecho und den 3. Ventrikel.

bei eine Stelle zwei Zentimeter senkrecht über dem Meatus acusticus externus ergeben. Zur Untersuchung von Säuglingen bis zu einem Alter von 6 Monaten bewährte sich ein Prüfkopf von 10 mm Durchmesser und 4 MHz am besten, bei älteren Säuglingen

und Kleinkindern verwendeten wir neben unserem Standardprüfkopf von 15 mm Durchmesser und 2 MHz auch einen Prüfkopf von 15 mm Durchmesser und 4 MHz mit Erfolg. Prüfköpfe mit 24 mm Durchmesser eignen sich zur Untersuchung von Kindern wegen der großen Auflagefläche weniger gut.

Bei allen 189 Kindern konnte ein eindeutiges Mittelecho registriert werden. Ein Mittelecho erscheint auch bei Ansatz des Prüfkopfes weit vor und hinter der üblichen Ansatzstelle über dem Ohr. Diese Reflexionen entstehen an den Wänden des 3. Ventrikels, am Septum pellucidum und am Interhemisphärenspalt. Darüberhinaus kann man bei Säuglingen und Kleinkindern weiter parietal ein nadelscharfes Mittellinienecho hoher Amplitude ableiten, das von der Falx cerebri verursacht wird (vgl. KAZNER, KUNZE und SCHIEFER, 1965). Dieses Echo zeigt im Gegensatz zu den meisten anderen Reflexionen keine herzsynchrone Pulsation, sondern sehr rasch aufeinanderfolgende Amplitudenschwankungen, die den Eindruck einer Flimmerbewegung erwecken.

Das Mittelecho wies bei 163 Kindern eine völlig mittelständige Lage auf, das heißt, es erschien bei Ableitung von identischen Punkten links und rechts am Schädel genau an der gleichen Stelle auf dem Bildschirm. Dies entspricht einer Häufigkeit von 86, 1 %. Bei 24 Kindern fand sich eine Abweichung des Mittelechos um 0, 5 mm nach einer Seite (12, 8 %) und nur bei zwei Kindern um 1, 0 mm (1, 1 %). Diese 26 Kinder boten zu keinem Zeitpunkt einen Anhalt für das Vorliegen eines raumfordernden intrakraniellen Prozesses (vgl. Tab. I). Man kann deshalb eine Verlagerung des Mittelechos um 1, 0 mm noch als normal ansehen. Kinder mit einer Mittelechoabweichung von 1, 5 mm und mehr bedürfen nach unserer Ansicht daher einer eingehenderen neuroradiologischen Diagnostik. Bei Erwachsenen sehen wir eine Verlagerung des Mittelechos um 1, 5 mm als Grenzwert an (pathologisch ab 2, 0 mm). Diese Beobachtung steht im Gegensatz zu den Ergebnissen JEPPSSONs, der

Tabelle I. Lage des Mittelechos bei 189 normalen Kindern

Anzahl der Kinder	M-Echo mittelständig	M-Echo um 0, 5 mm verl.	M-Echo um 1, 0 mm verl.
189	163 (86,1 %)	24 (12,8 %)	2 (1,1 %)

bei Kindern eine größere Variationsbreite des normalen Mittelechos angibt als bei Erwachsenen (3, 0 mm).
Wichtig ist bei Kindern auch die Messung der Weite der dritten Hirnkammer, da von den Wänden des dritten Ventrikels meist hohe Reflexionen registriert werden können und bei Darstellung nur einer Wand dieser Hirnkammer eine Verlagerung der Mittelstrukturen des Gehirns vorgetäuscht werden kann, die dem halben Querdurchmesser des dritten Ventrikels entspricht. Die Weite des dritten Ventrikels konnte bei 186 Kindern echoencephalographisch bestimmt werden (98, 4 %). Die dritte Hirnkammer stellt sich im Echoencephalogramm als ein Doppelecho dar, wobei der Abstand der beiden Reflexionen der Breite des 3. Ventrikels entspricht. Trifft das Ultraschallstrahlenbündel die seitlichen Wände dieser Hirnkammer weitgehend senkrecht, so erreichen die dort entstehenden Echos eine sehr hohe Amplitude, wobei meistens das prüfkopfferne Ventrikelwandecho den höchsten Ausschlag aufweist. Diese Tatsache ist auf den Hohlspiegeleffekt der prüfkopffernen Ventrikelwand zurückzuführen, wodurch der reflektierte Ultraschall stärker gebündelt wird. Zwischen den beiden Reflexionen taucht gelegentlich zusätzlich das Mittelecho als einzelne Zacke oder Reflexion mit einem ganz schmalen Doppelgipfel auf, entsprechend den beiden Flächen des Septum pellucidum (s. Abb. 3). Gelegentlich lassen sich mehrere Echos hoher Amplitude in der Gegend registrieren, wo der 3. Ventrikel zu erwarten wäre. Die beiden richtigen Reflexionen erkennt man an einer gegenläufigen, pulssynchronen Bewegung. Bei entsprechen-

der Übung des Untersuchers bereitet es keine Schwierigkeiten, diese beiden Echos aufzufinden.

Die Messungen der Weite des 3. Ventrikels ergaben bei 30 Säuglingen unter einem halben Jahr Werte zwischen 2, 5 und 4, 5 mm; dabei wiesen nur 4 Säuglinge einen Querdurchmesser von 4, 5 mm auf, während alle übrigen zwischen 2, 5 und 4, 0 mm lagen. Zwischen 6 Monaten und einem Jahr fanden wir einen durchschnittlichen Wert von 3, 0-4, 5 mm. In dieser Altersgruppe wurden 40

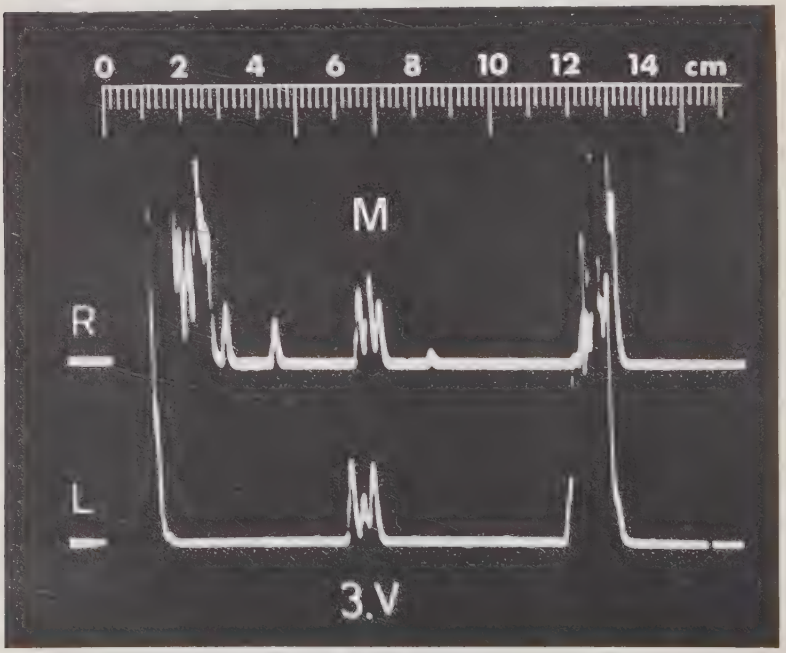


Abb. 3. Echoencephalogramm eines cerebral gesunden 13-jährigen Jungen mit Darstellung des 3. Ventrikels und des Mittellinienechos. Obere Kurve: das vom Septum pellucidum stammende Mittelecho M überragt die beiden Reflexionen von den Wänden des 5 mm breiten 3. Ventrikels. Untere Kurve: zwischen den Echos des 3. Ventrikels 3. V taucht das Septum-pellucidum-Echo auf. Diese Reflexion besitzt manchmal einen kleinen Doppelgipfel (Pat. F. N., Echo-Nr. 2160/66).

Kinder untersucht. Die größte Breite des 3. Ventrikels lag hier bei 5, 0 mm (6 Kinder). Daraus ergibt sich, daß bei Kindern unter einem halben Jahr eine Weite der 3. Hirnkammer von 5, 0 mm schon auf eine geringgradige Ventrikelerweiterung hindeutet. Bis zu einem Alter von 3 Jahren darf ein Querdurchmesser von 5 bis 5, 5 mm nicht überschritten werden, während bei den älteren Kindern 6, 0 mm Weite des 3, Ventrikels gerade noch als normal angesehen werden kann (s. auch Abb. 4). Im Erwachsenenalter

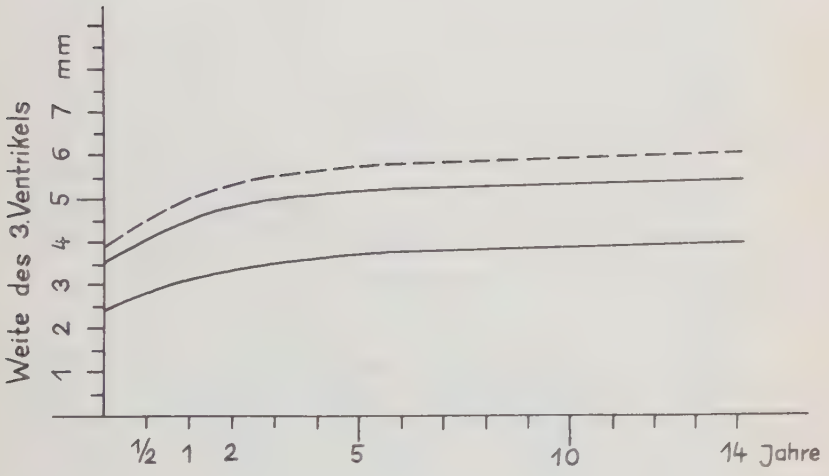


Abb. 4. Durchschnittliche Weite des 3. Ventrikels im Kindesalter in den verschiedenen Altersstufen (144 echoencephalographische Messungen).
Zwischen den beiden durchgezogenen Linien liegen rund 90 % aller Messungen. Die gestrichelte Linie stellt den Grenzwert des Normalen nach oben dar. Höhere Werte des 3. Ventrikels müssen als Ausdruck einer Ventrikelerweiterung angesehen werden.

liegt die Grenze der Norm im Echoencephalogramm bei 7-7, 5 mm (SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER, 1963). Bei dem Vergleich von echoencephalographischen Messungen mit den Werten des 3. Ventrikels im Pneumencephalogramm ist zu berücksichtigen, daß bei der üblichen Röntgenaufnahmetechnik eine etwa 30-prozentige Vergrößerung des Ventrikelsystems im Röntgenbild entsteht (KAZNER und SCHIEFER, 1966). Ein echoencephalographischer Wert von 5, 0 mm Weite der dritten Hirnkammer entspricht demnach im Luftencephalogramm etwa 6, 5 mm.
Zur Bestimmung der normalen Weite des 3. Ventrikels konnten nur die Echobefunde von 144 Kindern verwertet werden. In 3 Fällen ließ sichder 3. Ventrikel echoencephalographisch nicht bestimmen, 3 andere Kinder wiesen eine eindeutige Erweiterung auf. Eines dieser Kinder war geistig und statisch retardiert und zeigte im Alter von 3 Jahren einen 3. Ventrikel von 7, 0 mm Breite. Das zweite Kind, das wegen einer Trichterbrust behandelt wurde, fiel bereits äußerlich durch einen außergewöhnlich grossen Kopf auf und hatte einen Durchmesser der dritten Hirnkammer von 9, 0 mm. Das dritte Kind wies multiple Mißbildungen auf und der 3. Ventrikel war auf 7, 5 mm erweitert.
Die übrigen als "normal" untersuchten Kinder, insgesamt 39, standen wegen verschiedener Herzfehler in chirurgischer Behandlung. Bei der echoencephalographischen Untersuchung dieser Kinder fiel auf, daß die Weite des 3. Ventrikels fast immer an der oberen Normgrenze lag und diese nicht selten überschritt. Dies war hauptsächlich bei Herzfehlern der Fall, die eine ungenügende Sauerstoffsättigung des Blutes bewirken, vor allem bei Fallotscher Tetralogie, ebenso auch bei Vorhof- und Ventrikelseptumdefekten. Kinder mit Mißbildungen, wie Lippen-Kiefer-Gaumenspalte zeigten kein erweitertes Ventrikelsystem.
Bei 154 Säuglingen und Kindern der Normalgruppe wurden noch weitere hohe Reflexionen, die mit einer großen Konstanz auf dem

Bildschirm auftauchten, registriert. Die Beschallung haben wir wie zu den vorher beschriebenen Messungen meist von einem Ansatzpunkt 1-2 cm oberhalb des Meatus acusticus externus aus vorgenommen, wobei zur Darstellung einzelner Reflexionen geringfügiges Kippen des Prüfkopfes erforderlich war. Die am häufigsten zu registrierenden Reflexionen sind auf dem Schema in Abb. 5 eingezeichnet. Auf halbem Wege zwischen Mittel- und Endecho erscheint mit großer Regelmäßigkeit eine Kathodenstrahlauslenkung

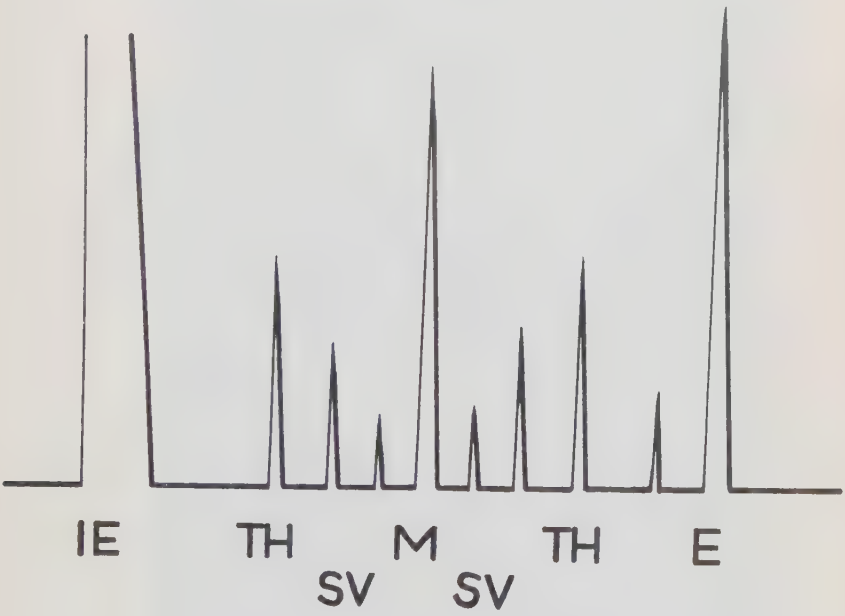


Abb. 5. Positionen und Amplitudenrelationen der beim Kind am häufigsten zu registrierenden Reflexionen im normalen Echoencephalogramm. IE = Initialecho, TH = Temporalhornecho, SV = Seitenventrikelecho, M = Mittelecho, E = Endecho.

von hoher Amplitude, wenn der Ultraschallstrahl ganz leicht nach unten gerichtet wird. Diese Reflexion entsteht an der Außenwand des gegenüberliegenden Temporalhorns (KAZNER und SCHIEFER, 1966; vgl. auch Abb. 6). Aus der Position dieses Echos läßt sich

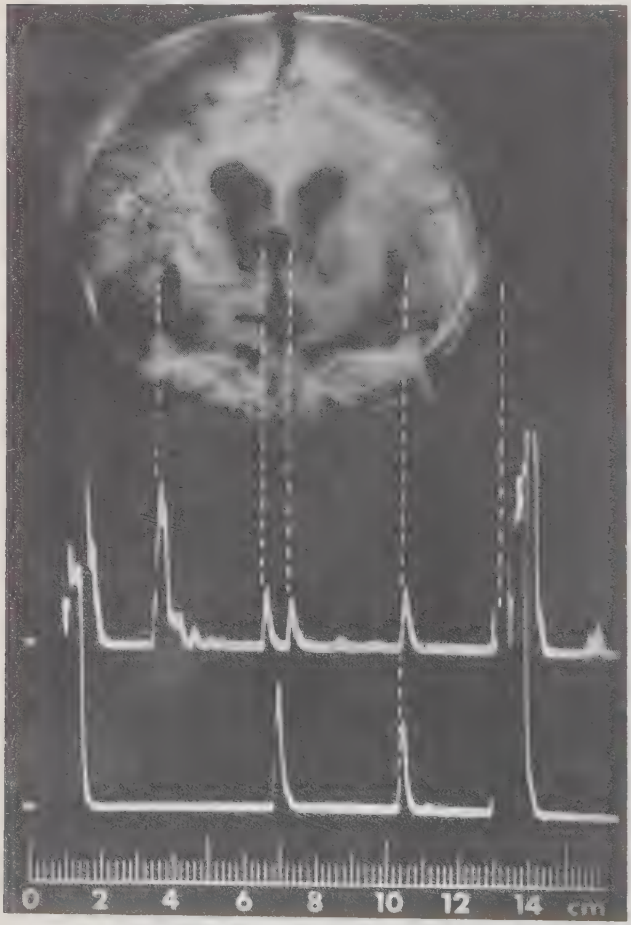
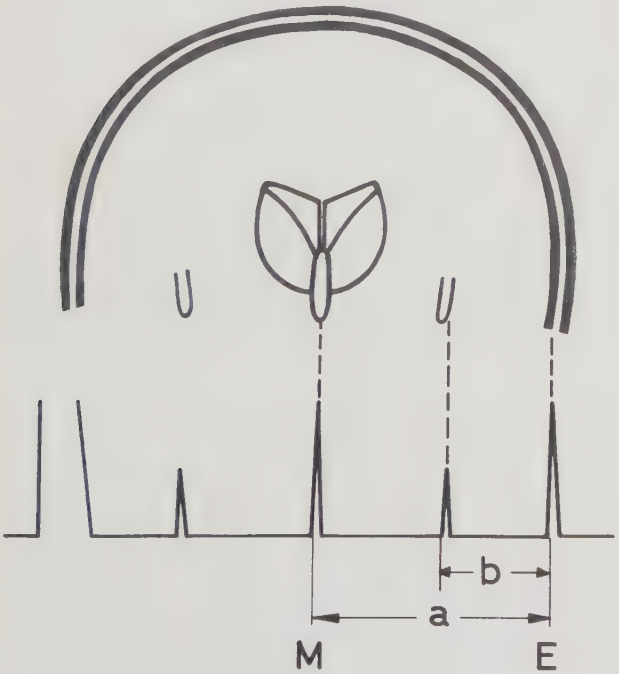


Abb. 6. Echoencephalogramm und Pneumencephalogramm eines 2-jährigen Kindes mit leichter Ventrikelerweiterung. Völlige Übereinstimmung beider Methoden (Pat. U.W., Echo-Nr. 2091/66).

ein Index zur Bestimmung der Hirnmanteldicke berechnen (SCHIEFER, KAZNER u. KUNZE, 1965). Gelegentlich kann auch von der medialen Wand des gegenüberliegenden Temporalhorns eine Reflexion abgeleitet werden, die dann etwa 2-4 mm vor dem Temporalhornaußenwandecho auftaucht. 70 % der untersuchten Kinder wiesen diese Reflexion auf. Der Hirnmantelindex läßt sich bestimmen, indem man den Abstand Mittelecho-Endecho zur Strecke Temporalhornaußenwandecho-Endecho in Beziehung setzt (vgl. Schema in Abb. 7). Wichtig dabei ist, daß das Endecho exakt abgelesen wird.



$$HMI = \frac{a}{b}$$

Abb. 7. Schematische Darstellung der Berechnung des echoencephalographischen Hirnmantelindex. M = Mittelecho, E = Endecho.

Bei 108 normalen Kindern wurde der Hirnmantelindex (HMI) berechnet. 92 Werte lagen zwischen 2, 0 und 2, 2, 10 bei 1, 9, wobei wahrscheinlich das Endecho nicht genau genug abgelesen wurde, und 6 Kinder zeigten Werte zwischen 2, 3 und 2, 4. Die Norm liegt also zwischen 2, 0 und 2, 2; ein Wert von 2, 3 ist als Grenzfall zu betrachten und bedarf der Kontrolle. Die Bestimmung des HMI bietet vor allem bei Verdacht auf Hydrocephalus internus congenitus, raumfordernden Prozessen im Bereich der hinteren Schädelgrube und hirnatrophischen Erkrankungen besondere Vorteile. Neben dem Mittelecho versuchen wir heute auch routinemäßig die Lage des Temporalhorns echoencephalographisch bei jeder Untersuchung auszumessen. Die Reflexion des Temporalhorns läßt sich oft auch im Nahbereich des Echoencephalogramms, also vor dem Mittelecho als hohe Reflexion registrieren (vgl. auch Abb. 6).

Darüberhinaus erscheinen zwischen Mittelecho und Temporalhornecho noch zwei weitere Reflexionen, die diese Strecke in drei etwa gleiche Teile aufgliedern. Symmetrisch dazu findet man dieselben Echos auch zwischen prüfkopfnahen Temporalhornecho und Mittelecho, nur kann diese Strecke meistens weniger gut beurteilt werden, da sie durch das oft weit bis zum Mittelecho hin reichende Initialecho zu unübersichtlich wird. Die dem Mittelecho benachbarte Reflexion entsteht an der äußeren Wand des Seitenventrikels im Cella-media-Bereich. Wenn gleichzeitig die beiden Seitenventrikelreflexionen auf dem Bildschirm zu sehen sind, erscheint eine Verwechslung mit Reflexionen eines erweiterten 3. Ventrikels möglich. Dieses Echo kann ebenfalls zur Bestimmung eines Hydrocephalus internus im Seitenventrikelbereich herangezogen werden (UMBACH u. KLEY, 1965). Der Ursprung der zweiten soeben erwähnten Reflexion ist bis heute noch nicht sicher geklärt. Wir nehmen jedoch an, daß diese Reflexion ebenfalls an einer Wand im Bereich des Seitenventrikels (Trigonum) oder am Plexus chorioideus des Seitenventrikels entsteht.

Außer diesen Echos ist vorwiegend bei Säuglingen noch eine Reflexion ungefähr 10 mm vor dem Endecho zu beobachten . Wahrscheinlich kommt dieses Echo an Hirnwindungstälern zustande. Daneben sind auch noch oft zwischen dem Temporalhorn und dem Endecho hohe, stark pulsierende Reflexionen zu erkennen, die als Echos der Sylvischen Fissur bezeichnet werden und an den aufsteigenden Hauptästen der Arteria cerebri media entstehen.

Die meisten Kinder der Normalgruppe wurden auch von frontal her beschallt. Einen einheitlichen Ansatzpunkt des Prüfkopfes haben wir dabei nicht beibehalten, da die Stirnwölbung bei jedem Kind anders ausgebildet und dadurch die Beschallungsrichtung nicht eindeutig festzulegen ist. Die so erhaltenen Echogramme wiesen mit Ausnahme des Schädelaustrittsechos keine konstanten Reflexionen auf, sodaß hierbei keine Aussagen von diagnostischer Bedeutung gemacht werden können. Einen Wert besitzt die ap-Beschallung oder die Untersuchung in umgekehrter Richtung allenfalls bei einem sehr ausgeprägten Hydrocephalus, wobei allerdings bereits durch die übliche temporale Beschallung eine völlig ausreichende Beurteilung der Seitenventrikelgröße möglich wird.

VI. Die Echoencephalographie bei pathologischen Prozessen des Schädelinhaltes im Kindesalter

1. Hirntumoren

113 Kinder wurden wegen Verdachts auf einen Hirntumor echoencephalographisch untersucht. Bei 51 Patienten konnte ein raumfordernder intrakranieller Prozeß ausgeschlossen werden. Die Echoencephalographie wurde dabei als wegweisende Untersuchung für die weitere Diagnostik meist an erster Stelle durchgeführt. Bei diesen 51 Patienten war das Mittelecho 36 mal exakt mittelständig, 13 mal war eine Abweichung um 0, 5 - 1 mm zu verzeichnen und nur 2 mal eine solche um 1, 5 mm. Bei einem der beiden

letztgenannten Fälle hat es sich um einen entzündlichen Prozeß gehandelt, die Verlagerung um 1, 5 mm bildete sich langsam wieder zurück. Zum sicheren Ausschluß eines raumfordernden Prozesses wurden bei 12 Kindern zusätzlich neuroradiologische Untersuchungen vorgenommen, die den echoencephalographischen Befund bestätigten. Bei den übrigen 39 Kindern war durch die Verlaufsbeobachtung, EEG und Echoencephalogramm keine Anhaltspunkt für einen Hirntumor zu gewinnen.

Bei 62 Kindern lag ein raumfordernder intrakranieller Prozeß vor. 28 davon waren supratentoriell, 34 infratentoriell lokalisiert.

Großhirnhemisphäre:

Bei den 21 Tumoren oder Abszessen im Bereich der Großhirnhemisphären ließ sich 19 mal eine Verlagerung des Mittelechos um 3 bis 15 mm registrieren. Ein etwa pflaumengrosses kavernöses Hämangiom im rechten Stirnhirn zeigte nicht nur ein normales Echoencephalogram, sondern auch unauffällige Kontrastmittelbefunde. Bei dem anderen Kind lag ein Ependymom im rechten Schläfenlappen vor, das sehr weit nach medial reichte. Ein eindeutiges Mittelecho ließ sich hier nicht ableiten, die Geschwulst war aber im Echoencephalogramm anhand eines Komplexes pathologischer Reflexionen zu lokalisieren. Die größte Verlagerung der Mittelstrukturen verursachten ebenso wie beim Erwachsenen die temporal sitzenden Prozesse, es fiel aber auf, daß bei Kindern präzentrale Geschwülste eine außerordentlich hohe Mittellinienverlagerung aufweisen können. Bei 2 Kindern lagen große Zysten vor, ohne daß bei der Operation Geschwulstgewebe gefunden werden konnte. Die Zystenwände erzeugten im Echoencephalogramm hohe Reflexionen, die Zysten selbst waren als echofreie Zonen im Ultraschallbild zu erkennen (vgl. Abb. 23). Auch größere Tumorzysten konnten wir zweimal echoencephalographisch registrieren.

Über die Aufgliederung der 21 Großhirnhemisphärenprozesse, das Vorhandensein und Ausmaß einer Mittelechoverlagerung und über von diesen Tumoren hervorgerufene pathologische Echokomplexe (Tumorechos) soll Tab. II Auskunft geben.

Insgesamt war das Echoencephalogramm bei 20 von 21 Kindern mit einem raumfordernden Prozeß im Bereich der Großhirnhemisphären pathologisch (95%). Darüberhinaus konnten bei 12 Kindern Reflexionen von Tumoren oder Zystenwänden registriert werden, die eine genauere Lokalisation des Prozesses zuließen. Dies entspricht einer Häufigkeit von 55%. Sie liegt erheblich über dem Wert, der am Krankengut der Neurochirurgischen Universitäts-Klinik Erlangen bei 214 supratentoriellen Geschwülsten in allen Altersgruppen mit 22 % ermittelt wurde (SCHIEFER, KAZNER u. KUNZE, 1965). Diese Tatsache läßt sich dadurch erklären, daß der kindliche Schädelknochen die ausgesandten und reflektierten Ultraschallmengen wesentlich weniger absorbiert und die Geschwülste vielfach so groß waren, daß wenigstens Tumorrandgebiete vom Ultraschall erfaßt werden konnten.

Kinder mit Großhirntumoren und einer Verlagerung der Mittelstrukturen des Gehirns bis zu 15 mm zeigten meist keine gröberen Bewußtseinsstörungen, während bei Erwachsenen bereits ab 10 mm Mittelechoverlagerung fast durchweg eine deutliche Trübung des Bewußtseins zu registrieren war. Der kindliche Schädel ist noch sehr weich und dehnbar und kann infolgedessen einem raumfordernden Prozeß hierdurch zusätzlichen Platz verschaffen; auf der anderen Seite muß aber bei Kindern generell eine größere Toleranz gegenüber der Dislokation von Hirnteilen, insbesondere des Hirnstamms, angenommen werden.

Die Möglichkeiten der echoencephalographischen Diagnostik bei raumfordernden Prozessen im Bereich der Großhirnhemisphären

TABELLE II. Echoencephalographische Befunde bei raumfordernden Prozessen im Bereich der Großhirnhemisphären und des oralen Hirnstammes

Lokalisation Tumorart	Anzahl der Fälle	M-Echo normal	M-Echo verlagert	durchschn. Verlagerg. mm	Echo pathol., nicht zu beurteilen	Tumorecho	Fehlmessung
Großhirnhemisphäre							
Ependymom	5	-	4	11, 8	1	4	-
Sarkom	3	-	3	7, 7	-	1	-
Plexuspapillom	1	-	1	14, 0	-	1	-
Spongioblastom	1	-	1	15, 0	-	1	-
Astrozytom	1	-	1	9, 0	-	-	-
Medulloblastom	1	-	1	5, 0	-	1	-
Kavernöses Hämangiom	1	1	-	-	-	-	-
Gangliozytom	1	-	1	9, 0	-	1	-
Zysten	2	-	2	4, 2	-	2	-
Abszeß/Empyem	5	-	5	6, 4	-	1	-
Oraler Hirnstamm							
Kraniopharyngeom	5	2	2	-	1	3	-
Thalamustumor	1	-	-	-	-	-	1
Pinealoblastom	1	-	-	-	1	1	-
	28	3	21		3	16	1

soll nachfolgend durch einige Krankengeschichten erläutert werden.

Fall 1: Michael W., 8 Jahre alt, Krbl.-Nr. 44977/64.
Vor 1 1/2 Jahren erstmals Krampfanfälle. Antiepileptische Medikation. Im März 1964 starke Kopfschmerzen und Erbrechen. Stationäre Aufnahme bei uns am 22.6.1964 wegen Stauungspapille. Befund: Schädelschettern. Abducensparese beiderseits. Steigerung der Muskeleigenreflexe rechts. Dysdiadochokinese rechts. Geringe Sinktendenz des rechten Armes beim Vorhalteversuch. Auf der Schädelübersichtsaufnahme gesprengte Nähte.
Echoencephalogramm: (siehe Abb. 8) Verlagerung der Mittelstrukturen (M) um 12 mm von links nach rechts. Pathologische Reflexionen (P) vor dem Mittelecho bei Beschallung von links, außerdem echofreie Zone (F) im Bereich des linken Schläfenlappens. Echoencephalographische Diagnose: Raumfordernder

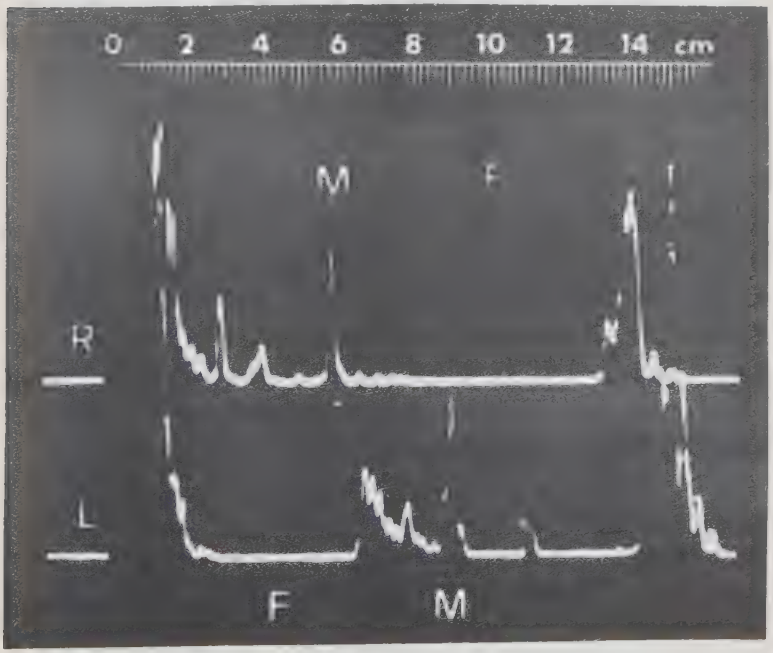


Abb. 8. Echoencephalogramm eines 8-jährigen Jungen mit cystischem Spongioblastom im linken Schläfenlappen. Weitere Einzelheiten im Text. (Pat. M.W., Echo-Nr. 1211/64).

Prozeß im Bereich des linken Schläfenlappens mit großer Cyste oder einseitigem Hydrocephalus. Angiographie: Grosser gefäßfreier Bezirk links temporal. Operation: Spongioblastom in der Tiefe des linken Schläfenhirns mit 140 ccm großer Cyste.

Fall 2: Rainer B., 8 Jahre alt, Krbl.-Nr. N-CH/150/65. Seit 4 Wochen Erbrechen. Seit dem 24.6.65 gegen 18 Uhr 30 bewußtlos. Stationäre Aufnahme bei uns am gleichen Tag gegen 23 Uhr. Befund: Tiefe Bewußtlosigkeit. Linke Pupille maximal weit und lichtstarr. Rechte Pupille zunächst mittelweit, innerhalb weniger Minuten ebenfalls weit und reaktionslos. Massive Stauungspapille mit frischen Blutungen beiderseits. Reflexe an den Beinen klonisch, auf Schmerzreize kommt es zu Streckkrämpfen.

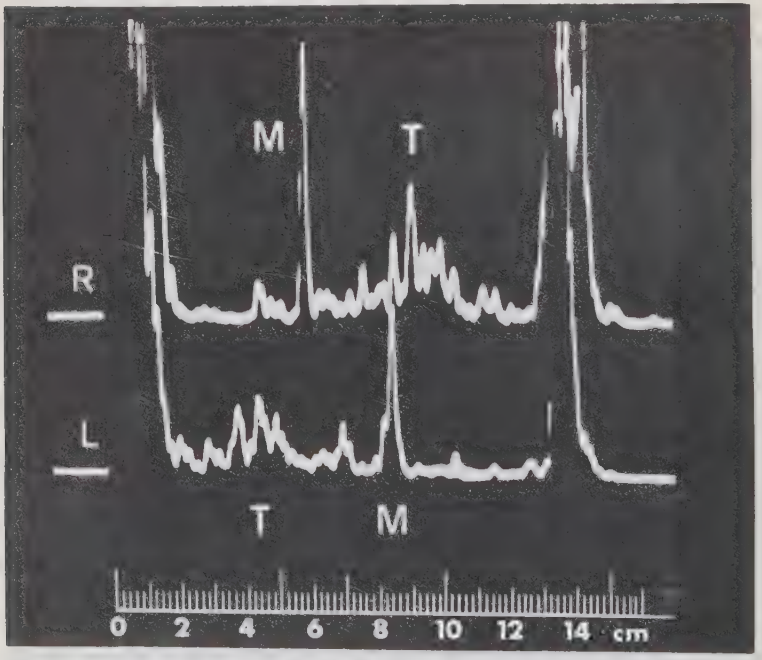


Abb. 9. Echoencephalogramm eines 8-jährigen Jungen mit Ependymom im linken Seitenventrikel. Verlagerung des Mittellinienechos M um 14 mm nach rechts. Daneben Komplex pathologischer Echos aus dem Tumorbereich T. Weitere Einzelheiten siehe im Text. (Pat. R. B., Echo-Nr. 1707/65).

Echoencephalogramm: (siehe Abb. 9) Verlagerung der Mittelstrukturen von links nach rechts um 14 mm. Außerdem 4 cm breiter Komplex pathologischer Echos, die von einem Tumor oder einer Blutung im linken Schläfenbereich stammen. Sofortige Operation ohne weitere radiologische Diagnostik: Ependymom im linken Seitenventrikel mit frischer, etwa 100 cm grosser Blutung.

Fall 3: Maria M., 4 Jahre alt, Krbl. -Nr. N-CH/520/65. Mitte November 1965 erstmals Erbrechen. Im Dezember Entwicklung einer leichten linksseitigen Hemiparese. Stirnkopfschmerzen. Schädelröntgenaufnahme: Wolkenschädel, gesprengte Nähte, angedeutete Verkalkung im Schläfenhirnbereich. Echoencephalogramm: (Abb. 10) Verlagerung des Mittelechos um 12, 5 mm nach links. Zusätzlich pathologischer Echokomplex (T) im rechten Schläfenbereich von beiden Seiten ableitbar. Der Befund sprach für einen großen raumfordernden Prozeß in der rechten Hemisphäre. Angiographie:(Abb. 10b) Bestätigung des Ultraschallbefundes. Operation: faustgroßes Ependymom rechts frontal bis temporal.

Oraler Hirnstamm:

Bei 7 Kindern wurde eine Geschwulst im Bereich des oralen Hirnstammes festgestellt. Es handelte sich um 5 Kraniopharyngeome, einen Thalamustumor und ein malignes Pinealoblastom. Die echoencephalographische Untersuchung stößt bei diesen Geschwülsten meist auf große Schwierigkeiten, da die normalerweise das Mittelecho verursachenden Strukturen direkt durch den Tumor beeinträchtigt sind. Die Deutung der Echogramme bei Vorliegen eines Tumors im Bereich des Mittelhirns setzt eine größere Erfahrung im Umgang mit der Methode voraus. In zwei Fällen gelang es nicht, die genaue Lage der Mittelstrukturen echoencephalographisch zu bestimmen und in einem Fall stammte die als Mittelecho angesehene Reflexion von einer anderen Struktur (Fehlmessung). Bei 3 Kraniopharyngeomen ließen sich im Echoencephalogram im Mittelbereich Komplexe von Reflexionen hoher Amplitude registrieren, die im Tumor selbst entstanden sein müssen. Bei dem Pinealblastom war das Echoencephalogramm durch unregelmäßige Reflexionen, die fast den ganzen Bereich zwischen dem Initialecho und dem Endecho ausfüllten,

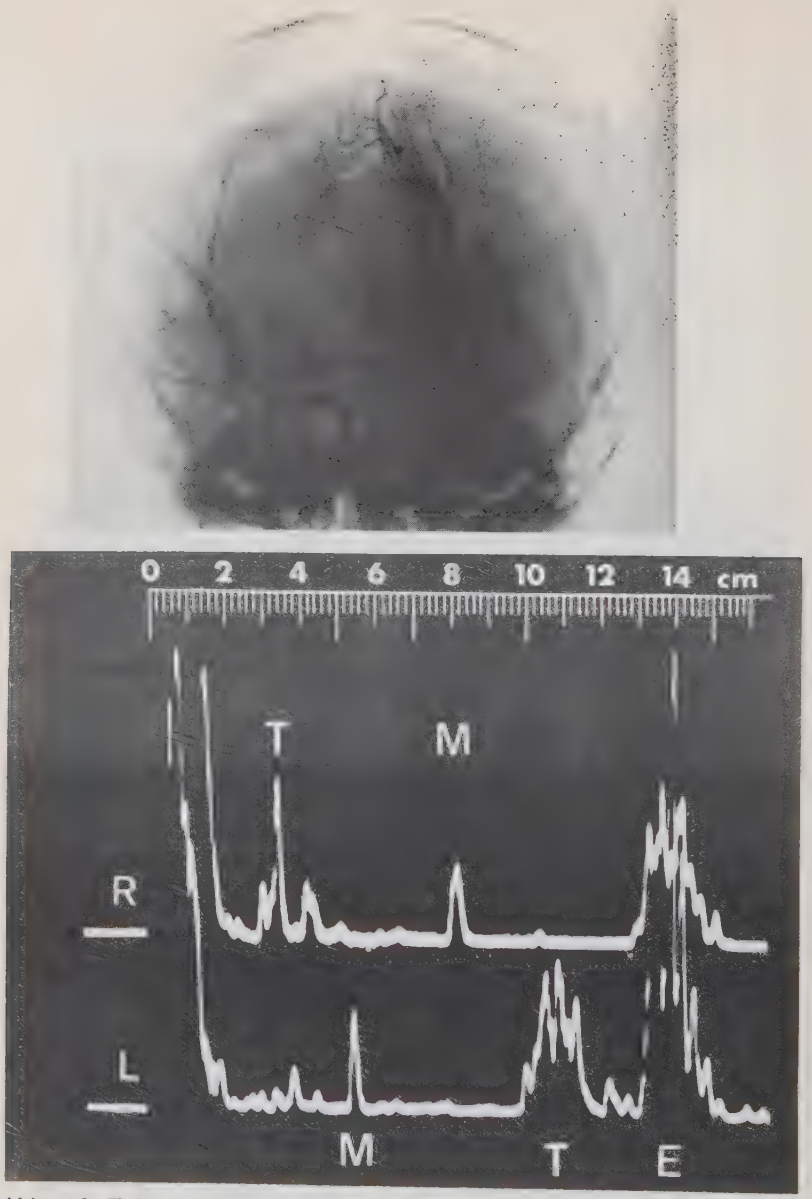


Abb. 10: Echoencephalogramm und Angiogramm eines 4-jährigen Mädchens mit verkalktem Ependymom rechts temporal bis frontal. Verlagerung des M-Echos um 12, 5 mm nach links. Zusätzliche Reflexionen von Tumorverkalkungen (T). Im Arteriogramm erhebliche bogenförmige Verdrängung der A. cerebri anterior nach links. Weitere Einzelheiten im Text. (Pat. M. M., Echo-Nr. 2024/65).

gekennzeichnet (s. Abb. 11). Bei 3 Kindern mit Kraniopharyngeom konnte echoencephalographisch bereits die Erweiterung der Seitenventrikel durch Registrierung des Temporalhornaußenwandechos nachgewiesen werden (s. Abb. 12). In 2 Fällen von Kraniopharyngeom ließ sich ein breites Doppelecho im Mittelbereich registrieren, von dem wir annahmen, daß es von den Wänden des erweiterten 3. Ventrikels stammte. Bei einm Fall glauben wir aber, daß für das Zustandekommen dieses breiten Doppelechos eine Tumorzyste verantwortlich war. Eine defintive Klärung erfolgte nicht, da in allen Fällen eine Torkildsendrainage mit anschließender Röntgenbestrahlung durchgeführt wurde.

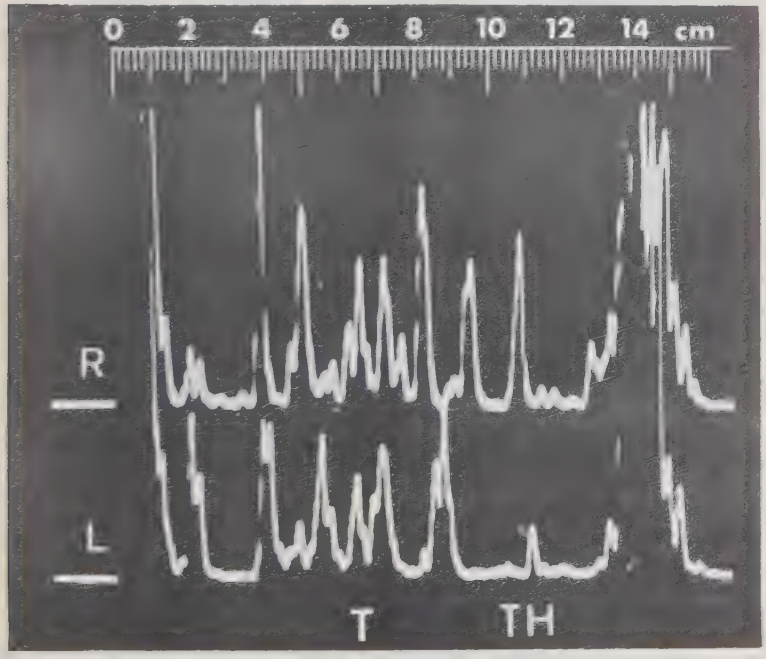


Abb. 11. Echoencephalogramm bei einem 4-jährigen Jungen mit apfelgroßem Pinealoblastom. Das Ultraschallbild ist durch Tumorreflexionen T stark pathologisch verändert und läßt keine klare Deutung zu. TH = Reflexion von der Außenwand des erweiterten Temporalhorns.

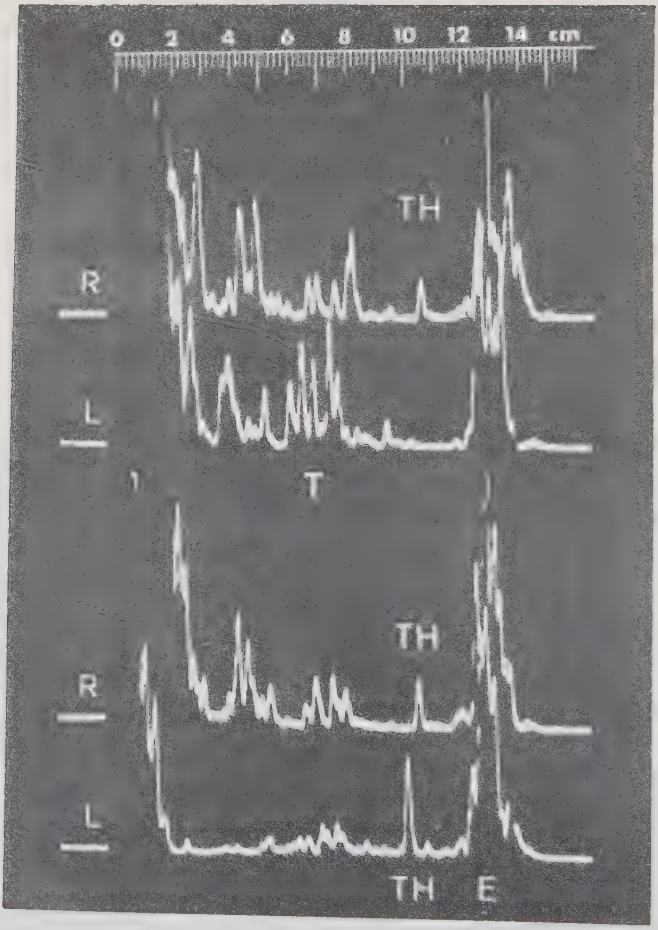


Abb. 12. Echoencephalogramm eines 12-jährigen Mädchens mit suprasellär entwickeltem Kraniopharyngeom, das zu einer Blockade der Foramina Monroi geführt hat. Oberes Kurvenpaar: multiple Reflexionen im Mittelbereich (T) durch den Tumor. Unteres Kurvenpaar: Registrierung einer hohen Reflexion von der Außenwand des erweiterten Temporalhorns (TH). Aus der Position dieses Echos war die Diagnose eines Hydrocephalus der Seitenventrikel möglich (Pat. R. S., Echo-Nr. 1757/65).

Die Echoencephalographie erweist sich bei den Geschwülsten des oralen Hirnstammes oft als eine wesentliche Bereicherung der diagnostischen Möglichkeiten, wenn auch diese Tumoren das schwierigste Gebiet der Ultraschalluntersuchung des Gehirns überhaupt darstellen.

Caudaler Hirnstamm und hintere Schädelgrube:

34 der dieser Serie zugrundeliegenden Tumoren lagen im infratentoriellen Raum, 32 hiervon waren im Bereich des Kleinhirns und des 4. Ventrikels, 2 in Medulla oblongata und Pons lokalisiert. Durch die Behinderung der Liquorpassage, die alle diese Tumoren verursachen, tritt eine zunehmende Erweiterung der ersten drei Hirnkammern ein. Dieser Verschlußhydrocephalus läßt sich echoencephalographisch nachweisen. Dadurch wird die Echoencephalographie zu einer wichtigen Untersuchung bei Verdacht auf einen raumfordernden Prozeß in der hinteren Schädelgrube. Die entscheidenden echoencephalographischen Befunde sind dabei die Registrierung des breiten Doppelechos von den Wänden des erweiterten 3. Ventrikels und ein nach außen verlagertes Temporalhornecho, das den Hydrocephalus der Seitenventrikel anzeigt. Der echoencephalographisch ermittelte Querdurchmesser des 3. Ventrikels lag bei diesen Geschwülsten bei 14, 0 mm, der echoencephalographische Hirnmantelindex durchschnittlich bei 3. 0, was einer ausgeprägten Ventrikelerweiterung entspricht.
Eine genauere Aufgliederung der 34 Kleinhirntumoren und der hierbei erhobenen echoencephalographischen Befunde soll Tab. III geben. Wesentliche Unterschiede im Ausmaß der Ventrikelerweiterung zwischen den schnell und langsam wachsenden Geschwülsten ließen sich nicht feststellen. Nur in einem Fall war eine Asymmetrie im Echoencephalogramm erkennbar. Der 3.

TABELLE III. Echoencephalographische Befunde bei Tumoren der hinteren Schädelgrube

Tumorart	Anzahl der Fälle	M-Echo normal	M-Echo verlag.	3. Ventrikel erweitert	durchschn. Weite d. 3. Ventr. (mm)
Spongioblastom	11	11	-	11	15, 5
Medulloblastom	16	16	-	16	13, 6
Ependymom	5	4	1	5	13, 0
Glioblastom der Pons	1	1	-	1	9, 0
Kleinhirnzyste	1	1	-	1	14, 0
	34	33	1	33	14, 0

Ventrikel war hierbei um 2, 0 mm nach einer Seite verlagert. Nur der erste echoencephalographisch untersuchte Kleinhirntumor täuschte zu Anfang eine Verlagerung der Mittelstrukturen vor, da wir die eine Wand des 3. Ventrikels von beiden Seiten aus als Mittelecho angesehen hatten. Dieser Fehler konnte jedoch noch vor Kenntnis der genauen Diagnose bei einer Kontrollechoencephalographie korrigiert werden. Bei keinem der übrigen Tumoren kam es zu einer echoencephalographischen Fehlmessung. Alle Ultraschallbefunde wurden durch die Ventrikulographie bestätigt. Beim Vergleich von echoencephalographischer und pneumencephalographischer Weite des 3. Ventrikels ist, wie bereits erwähnt, die etwa 30-prozentige Vergrößerung im Luftbild durch die übliche Röntgenaufnahmetechnik zu berücksichtigen.

Neben der Erhebung der Vorgeschichte und des neurologischen Befundes stellt heute die Echoencephalographie bei Verdacht auf einen raumfordernden Prozeß in der hinteren Schädelgrube die wichtigste diagnostische Maßnahme dar, die auch in der ambulanten Sprechstunde eingesetzt werden kann. Auch bei Patienten mit noch sehr diskreten neurologischen Symptomen und fehlender Stauungspapille läßt sich oft im Echoencephalogramm bereits die Ventrikelerweiterung erkennen.

Hierzu ein Beispiel:

Fall 4: Klaus L., 9 Jahre, Krbl. -Nr. N-CH 474/65. Seit 4 Wochen Erbrechen. Wenige Tage vor der Klinikaufnahme erstmals Nackenkopfschmerzen und eigenartige Kopfhaltung. Neurologischer Befund regelrecht. Fundi normal. Echoencephalogramm: Mittelstrukturen des Gehirns an normaler Stelle (s. Abb. 13 a). Doppelecho von den Wänden des erweiterten 3. Ventrikels in einem Abstand von 15 mm (s. Abb. 13 b). Hohe Reflexion von der nach lateral verlagerten Temporalhornaußenwand bei Beschallung von rechts und von links (s. Abb. 13 c). Aus der Position des Temporalhornechos errechnet sich ein Hirnmantelindex von 2, 72, der einen deutlichen Hydrocephalus internus anzeigt. Bestätigung des echoencephalographischen Befundes durch pneu-

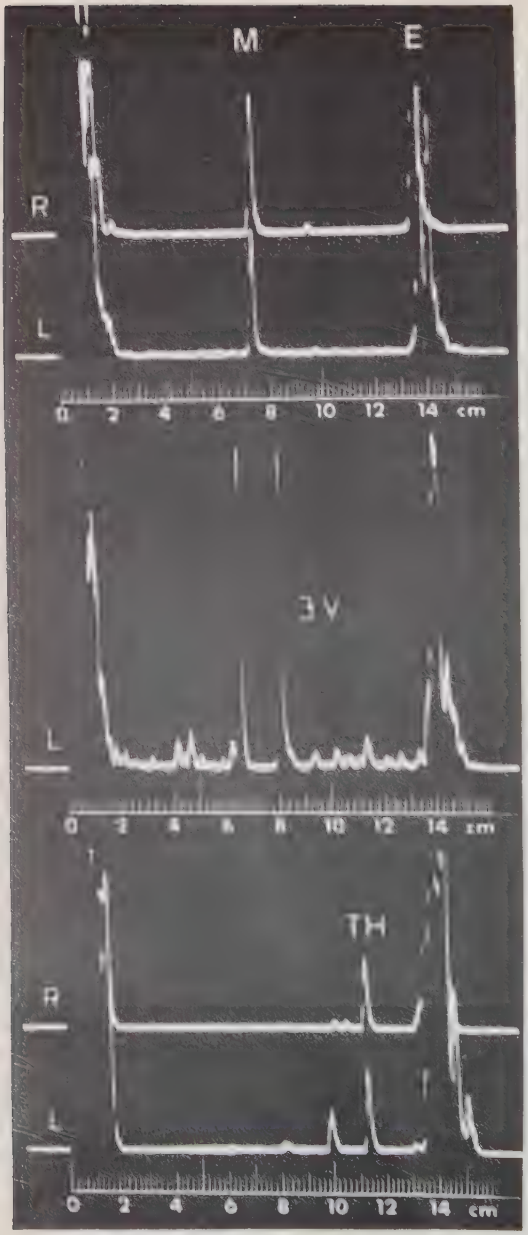


Abb. 13. Echoencephalogramme eines 9-jährigen Jungen mit Medulloblastom in der linken Kleinhirnhemisphäre.

a. Registrierung des Mittelechos, das von beiden Seiten an der gleichen Stelle auf dem Bildschirm erscheint (M).

b. Registrierung des Doppelechos im Mittelbereich des Echoencephalogramms von den Wänden des erweiterten 3. Ventrikels (3. V). Echoencephalographisch bestimmte Breite des 3. Ventrikels 15, 0 mm.

c. Registrierung der Reflexionen von den Wänden der erweiterten Temporalhörner (TH). Der aus der Position dieser Echos resultierende echoencephalographische Hirnmantel-Index beträgt 2, 72. Er zeigt eine erhebliche Ventrikelerweiterung an.

tive Ventrikulographie (s. Abb. 13 d). Bei der anschließenden Operation findet sich ein Medullobiastom in der linken Kleinhirnhemisphäre.

Besonders vorteilhaft ist die Ultraschalluntersuchung für die ambulante Überwachung der Patienten. Rezidive lassen sich einwandfrei anhand einer erneuten Ventrikelerweiterung erkennen. Bei 5 unserer Patienten haben wir Rezidive echoencephalographisch erfassen können.

Abb. 13 d. Ventrikulogramm des gleichen Patienten wie Abb. 13 a-c. Bestätigung der Erweiterung der inneren Liquorräume. Die für einen Kleinhirntumor typische Abknickung und Verlagerung des Aquädukts nach vorne lassen sich deutlich erkennen. Weitere Einzelheiten siehe Text. (Pat. K.L., Echo-Nr. 1977/65).

2. Schädel - Hirnverletzungen:

Im Kindesalter sind Unfälle besonders häufig und in etwa 2/3 der Fälle liegt eine Schädel-Hirnverletzung vor. Der Verdacht auf eine raumfordernde intrakranielle Komplikation läßt sich durch die einfachen klinischen Untersuchungsmethoden oft weder sichern noch ausschließen, da bei einem Fünftel dieser Fälle ein freies Intervall fehlt (TÖNNIS et al., 1963) und der neurologische Befund oft uncharakteristisch ist. Bisher ermöglichte erst die Angiographie in solchen Fällen eine Entscheidung. Diese Untersuchung kann aber nicht in allen Kliniken vorgenommen werden und sie bedeutet doch manchmal einen nicht wieder gut zu machenden Zeitverlust beim Vorliegen eines sich schnell vergrößernden Hämatoms. Hier bietet sich die Echoencephalographie als eine absolut unschädliche, und schnell durchführbare Untersuchung an. Von mehreren Autoren wird das Schädel-Hirntrauma als Hauptindikationsgebiet der Echoencephalographie angesehen (LEKSELL, 1958; SCHIEFER et al., 1963; KRAMER, 1963 u. 1964; KAZNER et al., 1965). Die Beschallung des Schädels läßt sich beliebig oft wiederholen, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, anhand einer zunehmenden Verlagerung der Mittelstrukturen im Echogramm rechtzeitig eine sich entwickelnde Blutung zu erkennen. Oft genügt das Ultraschallbild, um sofort an der richtigen Stelle zu trepanieren, in Zweifelsfällen kann nach der Echoencephalographie gezielt angiographiert werden.

Wegen Verdachts auf eine raumfordernde intrakranielle Blutung nach einem Schädel-Hirntrauma wurden 134 Kinder untersucht. 72 Kinder hatten eine unkomplizierte gedeckte Schädel-Hirnverletzung. In allen Fällen war hier das Echoencephalogramm normal. Bei 46 Patienten lagen schwere gedeckte oder offene Schädel-Hirnverletzungen ohne zusätzliche raumfordernde Blutung vor. Das Echoencephalogramm wies in 30 Fällen zu keiner Zeit

eine Verschiebung des Mittelechos auf. 16 mal konnten wir eine Verlagerung der Mittelstrukturen echoencephalographisch diagnostizieren. Diese lag bei 11 Kindern zwischen 2 und 3 mm, bei 2 Kindern zwischen 4 und 4, 5 mm und sie betrug in 2 Fällen 5 mm und in einem sogar 8 mm. Diese Mittellinienverschiebungen ließen sich meist zwischen dem 2. und 6. Tag nach dem Trauma, seltener schon am 1. Tag, feststellen. Nur 3 mal bestand die Verlagerung des Mittelechos bereits wenige Stunden nach dem Unfall, ein Befund, der im Gegensatz zu den Beobachtungen bei Erwachsenen steht, wo wir bisher größere Verlagerungen zu einem so frühen Zeitpunkt noch nicht sehen konnten. Bei allen Patienten wurde durch Kontrastmitteluntersuchungen, Operation, Verlaufsbeobachtung oder Sektion die echoencephalographische Diagnose bestätigt und ein Hämatom ausgeschlossen. Ein Kind ist besonders erwähnenswert, das 14 Tage nach einem Schädeltrauma mit Bewußtseinstrübung und Hemiparese aufgenommen wurde. Es wies im Echoencephalogramm eine Verlagerung der Mittelstrukturen um 8 mm auf. Angiographisch konnte eine Volumensvermehrung im Bereich des linken Stirnhirns festgestellt werden. Bei der Operation fand sich ein massives Ödem in diesem Bereich ohne raumfordernde Blutung. Bei echoencephalographischer Verlaufskontrolle der Kinder mit Kontusionen beobachteten wir meist innerhalb einer Woche einen Rückgang des Mittelechos zur Ausgangslage. Kleinere Impressionsfrakturen mit umschriebener Kontusion wiesen meist keine Verlagerung im Echoencephalogramm auf.

Während die durchschnittliche Abweichung des Mittelechos bei den Kontusionen nur 2, 8 mm erreichte, wiesen die raumfordernden intrakraniellen Blutungen nach Schädeltrauma im Mittel eine Verlagerung von 7, 4 mm auf. Dieser Wert ist bei Erwachsenen etwa gleich hoch und er wird auch in der Literatur

TABELLE IV. Echoencephalographische Befunde bei Schädel-Hirnverletzungen

Art der Verletzung	Anzahl der Fälle	M-Echo normal	M-Echo verlagert	durchschnittl. Verlagerung mm	Hämatom-echo
Einfache gedeckte Schädel-Hirn-Verletzung, Commotio cerebri	72	72	-	-	-
Schwere gedeckte oder offene Schädel-Hirn-Verletzung Contusio cerebri	46	30	16	2, 8	-
Epidurales Hämatom	10	1	9	8, 9	8
Akutes subdurales Hämatom	4	-	4	5, 0	-
Intracerebrales Hämatom	2	2	-	-	-
	134	105	29		8

übereinstimmend mit etwa 7, 0 mm angegeben (JEPPSSON, 1961; LITHANDER, 1961; SCHIEFER et al., 1963).

Besondere Bedeutung kommt der Echoencephalographie bei der Erkennung des epiduralen Hämatoms zu. Diese Komplikation ist zwar nach Angaben der Literatur mit etwa 2 % der kindlichen Schädelverletzungen relativ selten (CAMPBELL u. COHEN; INGRAHAM u. MATSON; WAKELY u. LYLE), wir hatten aber allein in den letzten 3 1/2 Jahren seit Einführung der Echoencephalographie in unserer Klinik 10 derartige Blutungen beobachten können. Die wichtigsten Zeichen beim epiduralen Hämatom im Echogramm sind: die Verlagerung des Mittelechos zur Gegenseite der Blutung und das Sichtbarwerden eines Hämatomechos (TER BRAAK, GRANDIA u. DE VLIEGER, 1959; SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER, 1963), das wie KAZNER, KUNZE und SCHIEFER zeigen konnten, an der vom Knochen durch die Blutung abgedrängten Dura mater entsteht.

Bei den 10 von uns mit Ultraschall untersuchten epiduralen Hämatomen fand sich 9 mal eine Verlagerung des Mittelechos zur gesunden Seite, die je nach Größe der Blutung zwischen 5, 0 und 12, 5 mm schwankte. In einem Fall war das Echoencephalogramm unauffällig. Es lag ein parietales Epiduralhämatom vor, das über den Sinus hinweg auf die andere Seite (sog. coronares Hämatom). Bei 8 Kindern ließ sich das charakteristische Duraecho registrieren, das die Diagnose, die genaue Lokalisation und die Beurteilung der Größe des Hämatoms zuließ. Eine Angiographie wurde nur in der Anfangszeit unserer Ultraschalluntersuchungen und bei atypischer Lokalisation der Blutung vorgenommen, 6 Kinder konnten ohne weitere Diagnostik allein nach dem klinischen Befund und dem Echoencephalogramm trepaniert werden. Die spezifische Diagnose eines epiduralen Hämatoms aus dem Echogramm ist bei frontaler, subtemporaler und occipitaler Lage der

Blutung wegen der ungünstigen Lage zum Ultraschallstrahlenbündel nicht möglich (KAZNER et al., 1965). In den übrigen Regionen kann durch rotierende Bewegung mit dem Prüfkopf die gegenüberliegende hämatomverdächtige Gehirnhälfte abgetastet und die Hämatomreflexion aufgesucht werden.

Der besondere Wert der Echoencephalographie beim epiduralen Hämatom soll im folgenden noch durch zwei Krankengeschichten erläutert werden.

Fall 5: Horst F., 6 Jahre alt, Krbl.-Nr. N-CH/107/65. Das Kind wurde drei Stunden nach Sturz von einem Kinderfahrrad bewußtlos. Bei Klinikaufnahme tiefes Koma. Maximal weite Pupille links und doppelseitige Pyramidenbahnzeichen. Streckkrämpfe rechts. Echoencephalogramm: Verlagerung des Mittelechos um 12,5 mm nach rechts und hohes Hämatomecho nach temporo-parietal links in 28 mm Abstand vom Endecho (siehe Abb. 14). Echoencephalographische Diagnose: Epidurales Hämatom links temporo-parietal von 28 mm Dicke. Bestätigung durch sofortige osteoplastische Freilegung links temporo-parietal mit Entleerung des Hämatoms. Nach 14-tägiger Bewußtlosigkeit mit Streckkrämpfen langsame Besserung. Entlassung nach 6 Wochen in beschwerdefreiem Zustand ohne neurologische Ausfallserscheinungen.

Die Echoencephalographie war hier lebensrettend. Auf Schädelübersichtsaufnahmen und Angiographie konnte aufgrund des eindeutigen Ultraschallbefundes verzichtet werden.

Fall 6: Konrad G., 6 Monate alt, Krbl.-Nr. N-CH/305/65. Am 15.9.65 abends vom Sofa gestürzt. Kind zunächst unauffällig. In der Nacht unbemerktes Erbrechen. Am nächsten Morgen auffallend blaß. Einweisung durch den Hausarzt zu uns. Transport über 120 km. Kind bei der Aufnahme extrem blaß. Fontanelle maximal vorgetrieben. Rechte Pupille weit und reaktionslos. Krämpfe der linken Körperseite. Blutdruck nicht meßbar. Hämoglobin nur 4 g%. Echoencephalogramm: Verlagerung der Mittelstrukturen um 11 mm nach links. Auffallend viele Reflexionen im rechten Temporalbereich. Bei Beschallung von rechts parietal hohe Reflexion in 5 cm Abstand vom Prüfkopf. Wegen des außergewöhnlichen Abstandes nicht sicher als Duraecho identifiziert. Sofortige große osteoplastische Freilegung rechts. Epidurales Hämatom von maximal 4,5 mm Dicke und 200 ml Inhalt. Die Blutung

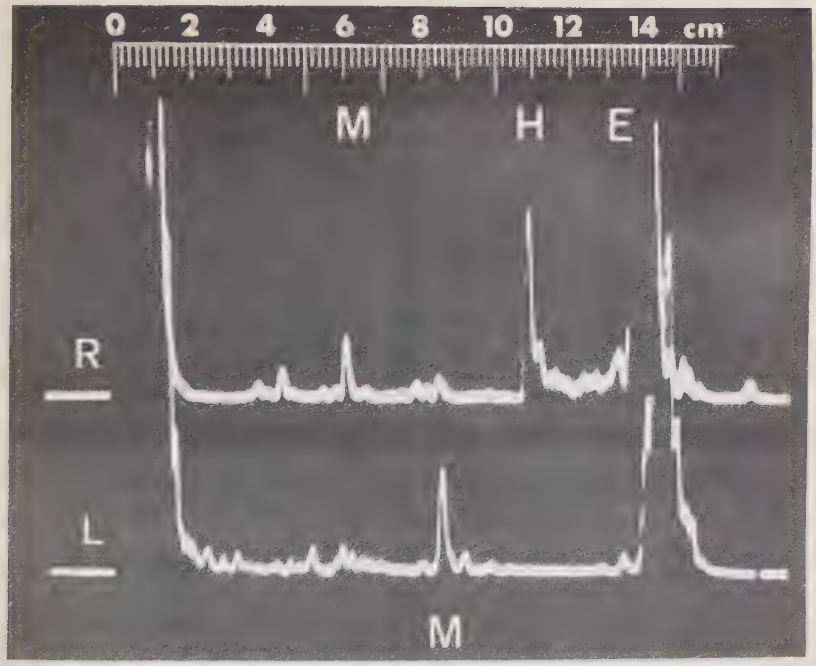


Abb. 14. Echoencephalogramm eines 6-jährigen Jungen mit epiduralem Hämatom links temporo-parietal. Verlagerung des Mittellinienechos (M) um 12, 5 mm von links nach rechts. Zusätzlich hohe Reflexion von der abgedrängten Dura mater 28, 0 mm (H) vor dem Endecho (E), die die Diagnose eines epiduralen Hämatoms ermöglichte. Weitere Angaben im Text. (Pat. H. F., Echo-Nr. 1659/65).

reichte von occipital bis präzentral und war im Parietalbereich am dicksten. Die Dura stand gegenüber dem Ultraschallstrahlenbündel um 45 Grad geneigt und erzeugte deshalb bei der normalen Beschallungstechnik kein Hämatomecho. Nach dem Eingriff erholte sich der Säugling innerhalb weniger Tage völlig.

Das epidurale Hämatom stellt eines der wenigen Krankheitsbilder dar, bei dem aufgrund der echoencephalographischen Befunde nicht selten auf die Vornahme von Kontrastmitteluntersuchun-

gen verzichtet werden kann.

Bei frischen Schädelverletzungen muß immer geprüft werden, ob ein Kopfschwartenhämatom vorliegt. Dieses kann bei einseitiger Lokalisation eine Verlagerung der Mittelstrukturen vortäuschen, da der Abstand Prüfkopf - Mittelecho hierdurch auf der einen Seite vergrößert wird. Diese Täuschungsmöglichkeit läßt sich jedoch bei genauer Auswertung des Echogramms leicht vermeiden. Wenn keine zusätzliche raumfordernde Blutung vorliegt, erkennt man im Ultraschallbild neben der scheinbaren Verlagerung des Mittelechos eine dazu parallel verlaufende Verlagerung des Endechos. Die Abstände Mittelecho - Endecho sind also bei der Ableitung von rechts und von links gleich groß. Zusätzlich sieht man bei der Beschallung von der gesunden Seite aus hinter dem Endecho ein sogenanntes äußeres Hämatomecho (SCHIEFER, KAZNER u. KUNZE, 1966), das bei Übertritt des Ultraschalls von der Kopfschwarte in die umgebende Luft entsteht. In Abb. 15 sind die Verhältnisse im Echoencephalogramm bei Vorliegen eines subgalealen Hämatoms schematisch dargestellt.

Eine eingehende Studie über die durch subgaleale Hämatome eintretenden Schwierigkeiten bei der Beurteilung und Auswertung von Echoencephalogrammen haben CHADDUCK und CRUTCHFIELD (1964) vorgelegt.

Sehr selten ist im Kindesalter das akute subudrale Hämatom (LOEW u. WÜSTNER; McKISSOK, 1960; PIA, 1964). Innerhalb der letzten 3 1/2 Jahre sahen wir eine solche Komplikation nach Schädeltrauma nur 4 mal. Im Echoencephalogramm läßt sich meist nur eine Mittellinienverschiebung feststellen, während ein Hämatomecho nur selten registriert werden kann. Das Hämatomecho beim akuten subduralen Hämatom hat eine sehr niedrige Amplitude und ist deshalb nicht von so hoher Signifikanz wie das Duraecho beim epiduralen Hämatom. Die Reflexionsbedingungen an der Grenzfläche Blut/Hirn sind für den Ultraschall wesentlich ungünstiger als

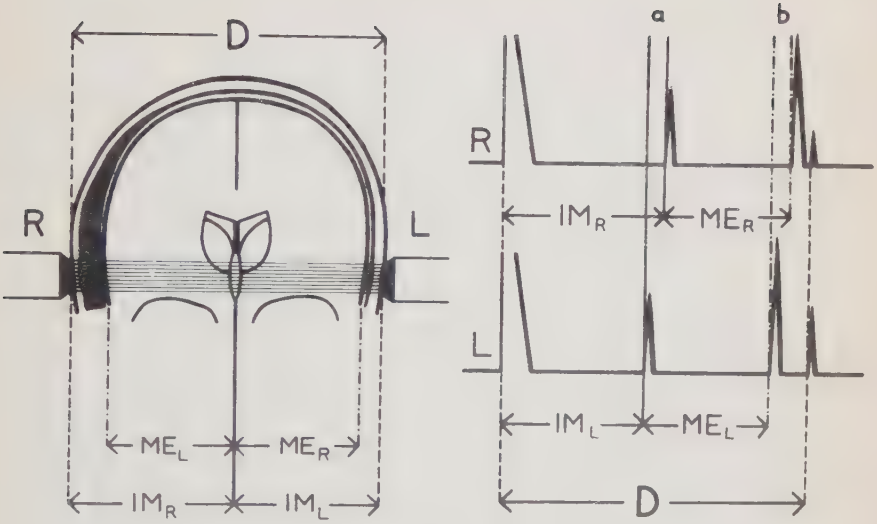


Abb. 15. Schematische Darstellung des Echoencephalogramms bei Vorliegen eines Kopfschwartenhämatoms. Das Mittelecho ist scheinbar verlagert. Diese Verlagerung wird aber durch eine gleichläufige Verlagerung des Endechos kompensiert (a = b). Die für die Beurteilung einer Massenverschiebung entscheidenden Strecken Mittelecho-Endecho (ME_R und ME_L) haben gleiche Länge. (IM = Initialecho-Mittelecho, R = rechts, L = links, D = bitemporaler Kopfdurchmesser).

an der Dura (KAZNER et al., 1965).

Bei allen 4 akuten subduralen Hämatomen war die Seitenlokalisation durch die Echoencephalographie einwandfrei möglich. Die durchschnittliche Verlagerung des Mittelechos betrug 5, 0 mm. Ein ganz sicheres Hämatomecho sahen wir in keinem Fall. Bei einem Kind wurde eine Carotisangiographie zur Sicherung der Diagnose vorgenommen, die übrigen drei Kinder konnten ohne Kontrastmitteluntersuchung sofort trepaniert werden.

Die echoencephalographischen Untersuchungsergebnisse bei 134 Kindern mit Schädel-Hirntrauma sind in Tabelle IV noch einmal zusammengefaßt.

Die subduralen Ergüsse der Säuglinge und Kleinkinder sollen hier, obwohl meist keine traumatische Verursachung zugrundelag, zusammen mit den posttraumatischen chronischen subduralen Hämatomen besprochen werden, da beide Krankheitsbilder vom ultraschallphysikalischen Standpunkt aus für das Zustandekommen bestimmter Reflexionen (Echos von Ergußmembranen) die gleichen Voraussetzungen bieten. Die chronischen subduralen Hämatome sind im Kindesalter selten, während die subduralen Ergüsse eine typische Erkrankung des Säuglingsalters darstellen (INGRAHAM u. MATSON, 1954; PIA, 1964).
Die meisten chronischen subduralen Hämatome und subduralen Ergüsse sind durch Membranen abgekapselt. Die innere Membran, die die Grenzfläche zwischen der Hirnoberfläche und dem Erguß bzw. der Blutung bildet, ermöglicht für das Ultraschallstrahlenbündel sehr gute Reflexionsbedingungen. In vielen Fällen läßt sich deshalb bei entsprechender Richtung des Ultraschalls eine hohe Reflexion von dieser Grenzmembran, die vor dem Endecho erscheint, registrieren. Bei doppelseitigen Ergüssen gelingt nicht selten die Darstellung eines solchen "Hämatomechos" im Ultraschallbild von beiden Seiten her. Bei Säuglingen ist es aber oft nicht ganz einfach, eine Reflexion vor dem Endecho als ergußbedingt zu identifizieren, da - wie bereits erwähnt - auch bei gesunden Kindern von den Hirnwindungstälern gelegentlich Echos in diesem Bereich zu sehen sind. Eine Übersicht über die echoencephalographischen Untersuchungsergebnisse bei 17 subduralen Hämatomen und Ergüssen gibt Tab. V. Alle einseitigen Prozesse wiesen eine deutliche Verlagerung der Mittelstrukturen auf, während die doppelseitigen Ergüsse in Bezug auf das Mittelecho unauffällig wa-

TABELLE V. Echoencephalographische Befunde bei chronischen subduralen Hämatomen und Ergüssen

Art/Lokalisation	Anzahl der Fälle	M Echo normal	M Echo verlagert	durchschnittl. Verlagerung mm	Hämatom-echo
einseitiges chronisches subdurales Hämatom	3	-	3	7, 3	3
einseitiger Subdural-erguß	3	-	3	4, 7	2
doppelseitiges subdurale Ergüsse	11	11	-	-	10
	17	11	6		15

Abb. 16. Echoencephalogramm eines 6 1/2-jährigen Knaben mit abgekapseltem Subduralerguß über der rechten Großhirnhemisphäre. Verlagerung des Mittellinienechos M um fast 10 mm nach links. Bei Beschallung von links zusätzliche Reflexion H etwa 10 mm vor dem EndechoE, die von der inneren Membran des Ergusses stammt. Bestätigung durch Carotisangiographie und Operation (Pat. H. R., Echo-Nr. 1683/65).

ren. Ein Hämatom- bzw. Ergußmembranecho konnte 15 mal abgeleitet werden.

Die Echoencephalographie stellt bei dieser Krankheitsgruppe eine wertvolle Bereicherung der diagnostischen Verfahren dar und deckt nicht selten ein bis dahin unerkannt gebliebenes Hämatom auf. Die Abbildungen 16 - 18 geben einige Beispiele für echoencephalographische Befunde bei subduralen Ergüssen und Hämatomen.

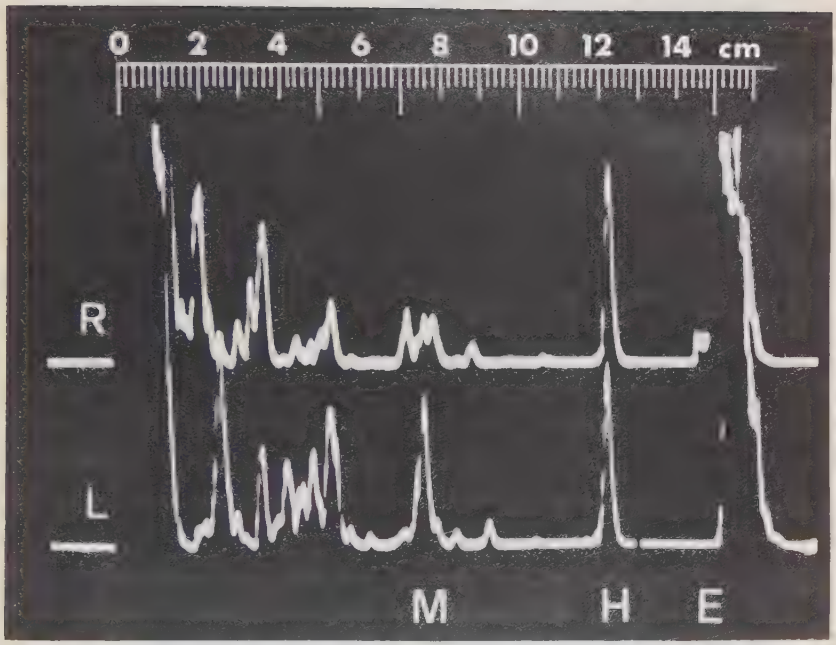


Abb. 17. Echoencephalogramm eines 13 Monate alten Kleinkindes mit doppelseitigen subduralen Ergüssen. Mittelecho M nicht verlagert. 3. Ventrikel mit 7, 0 mm Breite gering erweitert (mehrgipflige Reflexion im Mittelbereich bei Ableitung von rechts). Vor dem Endecho E fällt von beiden Seiten ein hohes, scharfes Echo auf, das einen außergewöhnlich breiten subduralen Erguß über beiden Hemisphären anzeigt (rechts 30, links 27 mm Durchmesser des Ergusses im Schläfenbereich). Pat. N. M., Echo-Nr. 1273/64.

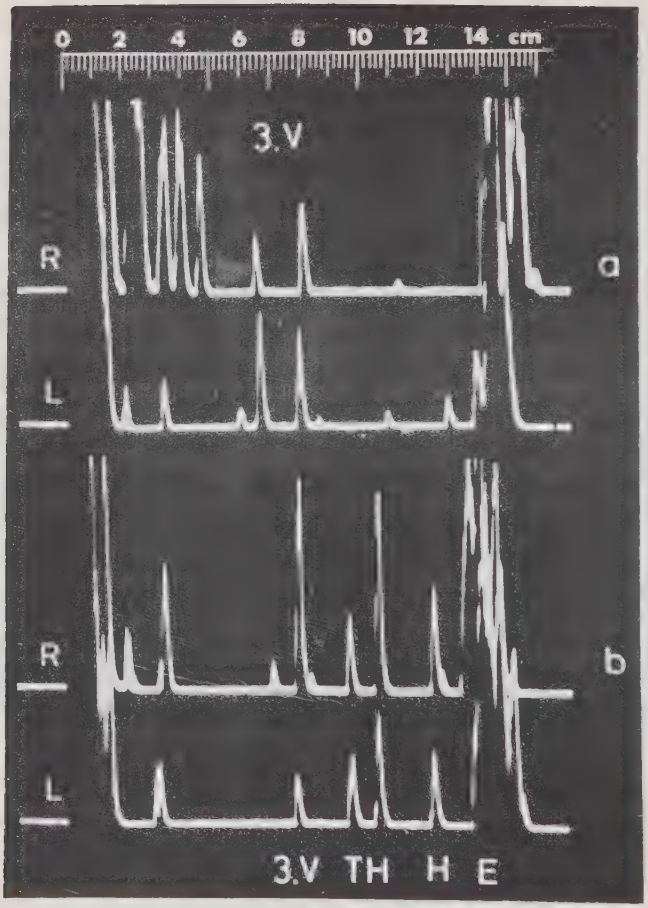


Abb. 18. Echoencephalogramme eines 18 Monate alten Kleinkindes mit subduralen Ergüssen beiderseits und ausgeprägtem inneren Wasserkopf. a: bei der normalen Untersuchungstechnik Doppelecho von den Wänden des stark erweiterten 3. Ventrikels (3. V) in einem Abstand von 14-16 mm. b: Prüfkopf um etwa 10 Grad nach oben gekippt. Man erkennt nun zwischen der Reflexion von der lateralen Wand des erweiterten 3. Ventrikels (3. V) und dem Endecho (E) drei weitere Echos, die sich als Doppelreflexion des dilatierten Temporalhorns (TH) und Reflexion von der Hämatommembran (H) identifizieren lassen. Erguß rechts stärker ausgeprägt als links (Pat. A.B., Echo-Nr. 806/1-2/63).

3. Kindlicher Hydrocephalus:

Dieses Krankheitsbild stellt eines der dankbarsten und wichtigsten Anwendungsgebiete der Echoencephalographie dar. Das Ultraschallbild beim frühkindlichen Hydrocephalus zeichnet sich durch Reflexionen besonders hoher Amplitude aus. Dies beruht zum Teil auf der Tatsache, daß der reflektierte Ultraschall nur eine sehr dünnde Knochenlamelle zu durchdringen hat und andererseits die vergrößerten Ventrikelwände den Ultraschall in erhöhtem Maße reflektieren. In den meisten Fällen gelingt es einwandfrei, die Dicke des Hirnmantels im Bereich der Temporalhörner echoencephalographisch zu messen (vgl. Abb. 19). Vergleichsuntersuchungen zwischen Luftbildern der Hirnkammern und den echoencephalographischen Meßergebnissen zeigten eine völlige Übereinstimmung der Befunde. Bei leicht-bis mittelgradiger Ventrikelerweiterung kann auch die dritte Hirnkammer anhand eines Doppelechos auf dem Bildschrim dargestellt werden, während es bei einem sehr starken Hydrocephalus internus oft nicht mehr möglich ist, diese Strukturen im Ultraschallbild sicher zu erfassen. Daneben kann auch von einem parietalen Ansatzpunkt aus , der etwa 2-3 cm oberhalb der üblichen Beschallungsstelle liegt, ein Echogramm registriert werden, das links und rechts neben dem Mittelecho die Reflexionen von den Seitenventrikelwänden im Cella-media-Bereich zeigt (s. Abb. 20). Der echoencephalographische Hirnmantelindex (HMI), der sich aus der Position des Temporalhorns bestimmen läßt (s. S. 17), liegt beim kindlichen Hydrocephalus oft extrem hoch; Werte zwischen 3 und 5 stellen keine Seltenheit dar. Bei sehr ausgedehntem Hydrocephalus internus kann auch die Hirnmanteldicke im frontalen und occipitalen Bereich durch Ultraschall gemessen werden (LITHANDER, 1961; HATA et al., 1964; UMBACH u. KLEY, 1965; siehe auch Abb. 21).

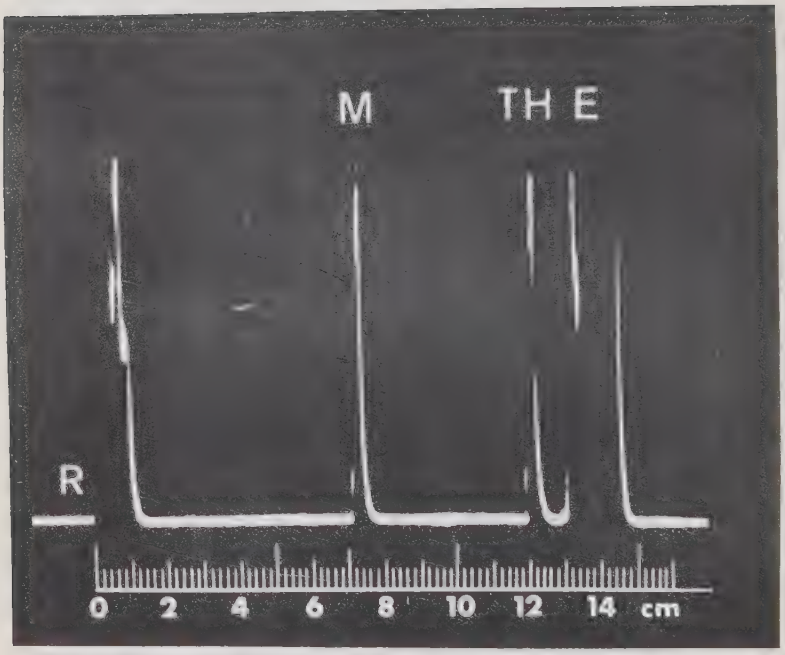


Abb. 19. Charakteristisches Echoencephalogramm bei einem hochgradigen kindlichen Hydrocephalus internus. Das Mittellinienecho M, meist eine hohe scharfe Reflexion, liegt an normaler Stelle. Vor dem Endecho E die Reflexion von der Außenwand des stark erweiterten Temporalhorns TH. Aus der Position dieses Echos läßt sich ein Hirnmantelindex (HMI) von 5.5 errechnen, der eine sehr ausgeprägte Ventrikelerweiterung anzeigt. (Pat. J. G., 7 Mo., Echo-Nr. 1995/65)

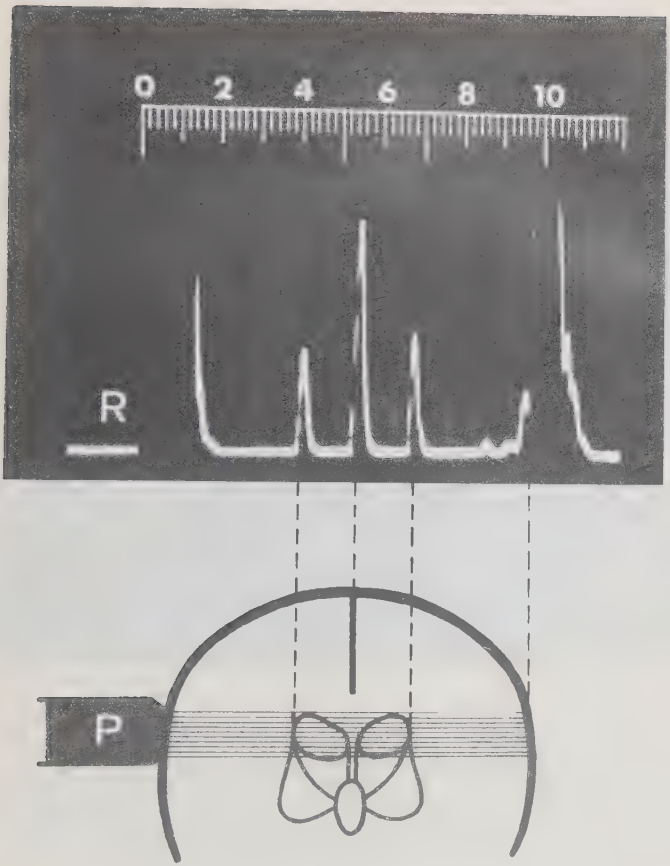


Abb. 20. Von einem höher gelegenen Ansatzpunkt aus kann die Ventrikelbreite im Cella-media-Bereich echoencephalographisch gemessen werden. Charakteristisch sind die beiden Reflexionen vor und hinter dem - hier von der Falx cerebri stammenden - Mittelecho. Hieraus kann auch der SCHIERSMANNsche Ventrikelindex berechnet werden, der im vorliegenden Falle 3, 25 beträgt und auf eine leichte Erweiterung der Hirnkammern hinweist (Pat. R. G., 3 Mo., Echo-Nr. 1402/64).

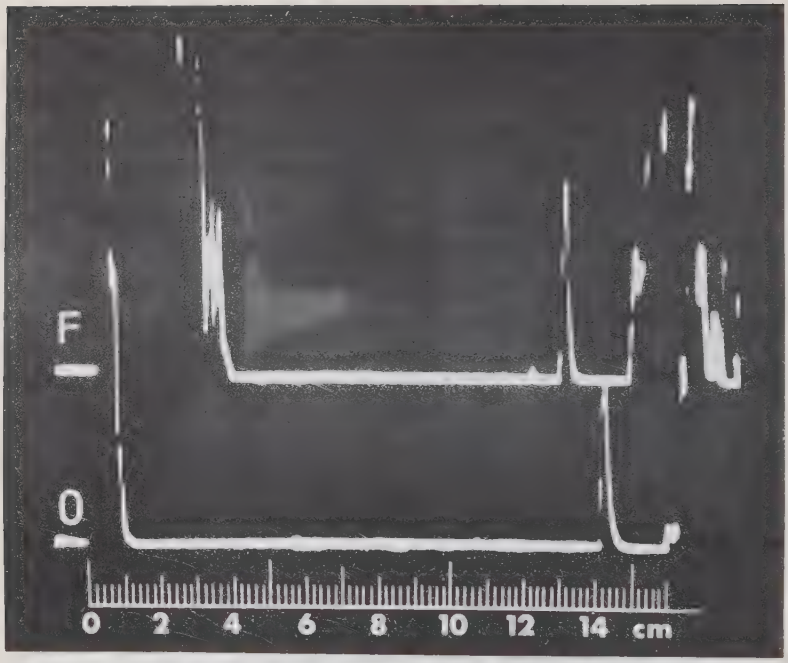


Abb. 21. Echoencephalogramm in a-p- und p-a-Richtung bei Vorliegen eines Hydrocephalus internus. Die hohe Reflexion vor dem Endecho zeigt einen knapp 2 cm dicken Hirnmantel im Frontal- und Occipitalbereich an. F Ableitung von frontal, O Ableitung von occipital (Pat. S. G. 1 J., Echo-Nr. 1565/65).

In den meisten Fällen war in unserer Untersuchungsserie von 54 Kindern der Hydrocephalus seitengleich ausgebildet. In 3 Fällen fanden sich jedoch echoencephalographisch deutliche Asymmetrien mit einer Verlagerung des erweiterten 3. Ventrikels, die maximal 3 mm betrug, und einseitig dünnerem Hirnmantelrest. Ein Beispiel hierzu gibt Abb. 22. Bei 2 Patienten ließ sich kein eindeutiges Mittelecho festlegen. Echoencephalographische Untersuchungsergebnisse bei Vorliegen eines Hydrocephalus internus sind in Tabelle VI zusammengefaßt.

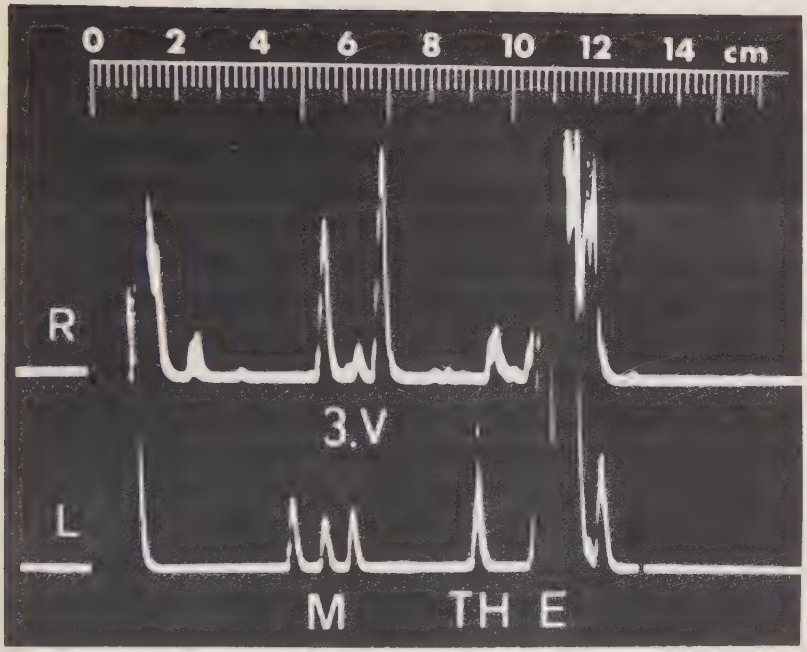


Abb. 22. Asymmetrische Ventrikelerweiterung. Das Doppelecho des erweiterten 3. Ventrikels (3. V) ist um 3 mm von rechts nach links verschoben. Auf der Ableitung von links erkennt man zwischen den beiden Reflexionen von den Wänden der 3. Hirnkammer das Mittelecho (M-Figur), außerdem ein hohes Echo von der zum Endecho hin verlagerten Temporalhornaußenwand (Pat. D. B., 6 Mo., Echo-Nr. 1263/64).

Die Echoencephalographie stellt das einzige Verfahren dar, mit dem nach einer liquorableitenden Operation mit Sicherheit die Größe der Hirnkammern bestimmt werden kann. Der Erfolg eines solchen Eingriffes läßt sich hierdurch einwandfrei erkennen. Die Dicke des Hirnmantels nimmt meist fortlaufend zu und somit der Hirnmantelindex ab. Ebenso verringert sich die Weite des 3. Ventrikels bei einem normalen Verlauf. Gelegentlich tritt sogar eine völlige Normalisierung ein, wenn die Operation in einem frühen Stadium erfolgte. Ein Rückfall, wie er zum Beispiel bei mangel-

TABELLE VI. Echoencephalographische Untersuchungsergebnisse bei 54 Kindern mit Hydrocephalus internus

M-Echo normal	M-Echo verlagert	M-Echo nicht meßbar	3. Ventr. normal	3. Ventr. erweitert	3. Ventr. nicht meßbar	echoencephal. Hirnmantelindex normal	echoencephal. Hirnmantelindex über 2,4
49	3	2	-	50	4	-	54

hafter oder erloschener Funktion des Ableitungsmechanismus eintritt, läßt sich im Echoencephalogramm anhand einer erneuten Zunahme des Hydrocephalus sofort nachweisen.

Bei 30 Kindern konnten wir postoperative Verlaufskontrollen nach Anlegen einer Seitenventrikel-Herzvorhof-Drainage nach dem Verfahren von SPITZ-HOLTER durchführen. Dabei fand sich in 22 Fällen eine Besserung des echoencephalographischen Befundes, d.h. der Hirnmantel hatte zugenommen und der 3. Ventrikel sich verschmälert. Im wesentlichen unverändert geblieben waren 7 Kinder und bei einem Kind mußte eine Zunahme des Hydrocephalus registriert werden. Bei diesem Säugling füllte sich das Ventil nach Entleerung erst wieder innerhalb von einigen Stunden.

Bei unseren Untersuchungen hat sich gezeigt, daß der Hirnmantel nach liquorableitender Operation zunächst relativ rasch, dann immer langsamer zunimmt. Bei älteren Kindern war die Rückbildungstendenz des Hydrocephalus internus geringer. Das Ausmaß der Ventrikelerweiterung und die Abnahme des Hydrocephalus lassen sich am besten durch Bestimmung des echoencephalographischen Hirnmantelindex beurteilen, da hierbei die im Laufe der Zeit natürlicherweise eintretende Vergrößerung des Kopfes nicht zu einer Verfälschung der Meßergebnisse führt. Nach unseren bisherigen Erfahrungen kann bei einem Hirnmantelindex bis etwa 4, 0 noch mit einer weitgehenden Normalisierung der Ventrikelweite gerechnet werden. Diese Beobachtung stützt die Forderung nach einer möglichst frühzeitigen Operation zur Herabsetzung des erhöhten intraventrikulären Druckes beim kindlichen Hydrocephalus. In letzter Zeit sind wir in Einzelfällen dazu übergegangen, den Eingriff ohne vorhergehende Hirnkammerluftdarstellung nur aufgrund des Ultraschallbefundes vorzunehmen, insbesondere bei Ventrikelerweiterungen nach Abtragung einer Mye-

locele (vgl. auch DREESE u. NETSKY, 1963; UMBACH u. KLEY, 1965). Die unbestreitbaren Vorteile der Frühoperation sollen durch folgende Krankengeschichte belegt werden.

Fall 7: Bettina L., geb. am 20.7.65, Krbl.-Nr. N-CH/205/65. Aufnahme im Alter von 4 Tagen wegen lumbaler Myelocele. Vor Abtragung der Mißbildung Weite des 3. Ventrikels im Echoencephalogramm 6 mm, Hirnmantelindex 3,0. Diagnose: Leichter Hydrocephalus internus. Bei den postoperativ fortlaufend durchgeführten echoencephalographischen Kontrolluntersuchungen Zunahme des Hirnmantelindex auf 3,9 und der Weite des 3. Ventrikels auf 9 mm Querdurchmesser. Ohne Luftfüllung liquorableitende Operation am 17.8.65. 6 Wochen nach der Operation Hirnmantelindex mit 2,25 praktisch normal, Querdurchmesser des 3. Ventrikels auf 7.0 mm zurückgegangen.

4. Cerebrale Krampfanfälle, frühkindliche Hirnschädigung

Bei cerebralen Krampfleiden, frühkindlicher Hirnschädigung und Entwicklungsstörungen liegen nicht selten Ventrikelerweiterungen vor, die sich echoencephalographisch leicht feststellen lassen. Wir haben in dieser Gruppe 38 Kinder untersucht, von denen 30 schon seit längerer Zeit ein Anfallsleiden hatten; bei den übrigen 8 lagen frühkindliche Hirnschädigungen, geistige Retardierung oder eine statische Entwicklungsverzögerung vor. Bei den schon Jahre bestehenden Epilepsien fanden wir in mehr als der Hälfte der Fälle (17) eine deutliche Vergrößerung des Querdurchmessers der dritten Hirnkammer, die maximal 12 mm erreichte. Die durchschnittliche Weite des 3. Ventrikels bei den Kindern mit Anfallsleiden lag mit 7 mm klar über der Altersnorm. Mittelechoverlagerungen wurden hierbei nicht beobachtet.

Bei den Kindern, die wir wegen Verdachts auf eine frühkindliche Hirnschädigung, geistige Retardierung und Entwicklungsstörungen echoencephalographisch untersucht haben, fanden sich durchweg Ventrikelerweiterungen. Der Querdurchmesser des 3. Ventrikels betrug bei diesen Kindern im Mittel 8,0 mm. In allen Fällen, wo zusätzlich eine Pneumoencephalographie durchgeführt wur-

de, bestand völlige Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen beider Untersuchungsverfahren.

5. Sonstige Erkrankungen

Bei 5 Kindern lagen cerebrale Gefäßmißbildungen vor. Es handelte sich um 3 Aneurysmen und 2 Angiome. Dabei zeigten die spontanen Subarachnoidalblutungen auffallend hohe Reflexionen, die Weite des 3. Ventrikels lag über der Norm. Bei begleitender intracerebraler Blutung fand sich eine Mittelechoverlagerung (2 Fälle). Einmal bestand eine intraventrikuläre Blutung, die echoencephalographisch das Bild eines Hydrocephalus internus mit breitem Doppelecho des 3. Ventrikels bot. Ein Angiom lag im Beschallungsbereich. Besonders auffallende Echopulsationen konnten dabei aber nicht registriert werden (vgl. dagegen KRAMER, 1964).

Der Vorteil der Echoencephalographie bei dieser Krankheitsgruppe besteht darin, bei einer komplizierenden intracerebralen Blutung mit unklarer neurologischer Symptomatik sofort die richtige Seite angiographieren zu können.

Arachnoidalzysten im temporalen Bereich können im Echoencephalogramm an einer echofreien Zone diagnostiziert werden. Meist sieht man auch eine von der medialen Wand der Zyste verursachte hohe Reflexion auf dem Bildschirm. Ein Beispiel hierzu bietet Abb. 23

Intrakranielle Verkalkungen bei tuberöser Sklerose oder Sturge-Weberscher Erkrankung verursachen im Echoencephalogramm unregelmäßige Echokomplexe hoher Amplitude.

6. Die Echoencephalographie bei Nachuntersuchungen und in der Verlaufsbeobachtung.

Die Echoencephalographie bietet sich als ideale Untersuchungs-

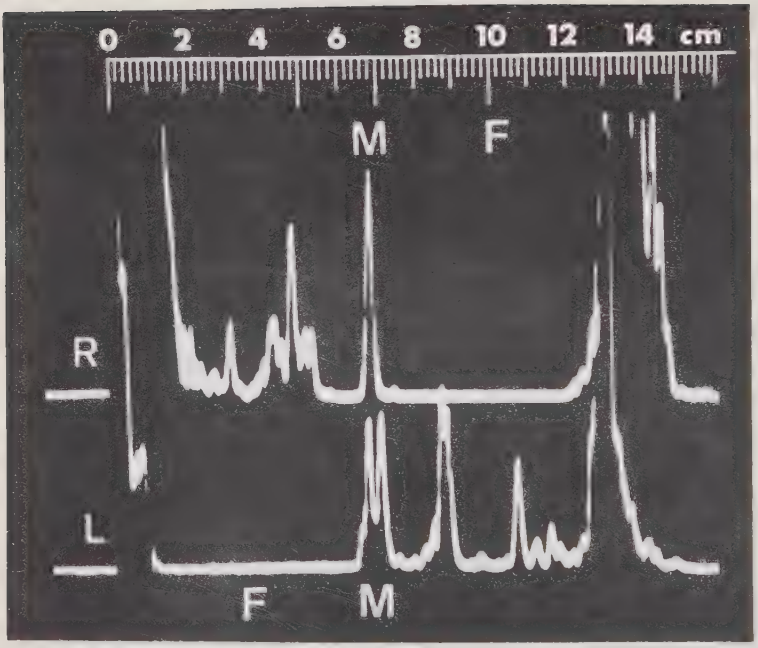


Abb. 23. Echoencephalogramm eines 2-jährigen Kindes mit grosser Arachnoidalzyste temporo-occipital links. Die Mittellinienstrukturen (M) sind nicht verlagert. Auffallend ist eine echofreie Zone (F) im linken Schläfenbereich, die der großen Arachnoidalzyste enspricht. (Pat. G.N., Echo-Nr. 1677/65).

methode an, um im Verlauf einer cerebralen Erkrankung jederzeit das Verhalten der Mittelstrukturen und die Weite der Gehirnkammern zu kontrollieren. Hierbei erweisen sich vor allem die schnelle Durchführbarkeit und die gefahrlose Anwendung der Methode als besondere Vorteile. Wie bereits erwähnt, hat sich die Echoencephalographie bei der Überwachung von operierten Kindern mit Hydrocephalus internus als eine der wichtigsten Untersuchungsmaßnahmen herauskristallisiert. Auch die

fortlaufende Kontrolle von Säuglingen mit Meningo-myelocele stellt ein bedeutendes Indikationsgebiet der Echoencephalographie dar, da hierdurch frühzeitig eine beginnende Ventrikelerweiterung erfaßt werden kann.

Die ambulante Kontrolle des Echoencephalogramms nach Exstirpation eines Hirntumors eröffnet uns neue diagnostische Möglichkeiten, die für die Beurteilung des Operationserfolgs, die Erkennung von Tumorrezidiven und die rechtzeitige Feststellung einer erneuten Liquorpassagebehinderung bei raumfordernden Prozessen im Bereich der hinteren Schädelgrube von besonderer Bedeutung sind. So läßt sich beispielweise nicht selten ein Großhirntumorrezidiv echoencephalographisch bereits an einer neuerlichen Verschiebung des Mittelechos erkennen, bevor der neurologische Befund uns durch Ausfallserscheinungen darauf aufmerksam macht.

Durch fortlaufende echoencephalographische Kontrolluntersuchungen bei Kindern nach Kleinhirntumorexstirpation gelang es erstmalig, den Beweis zu erbringen, daß die Weite der Hirnkammern nach Beseitigung der Liquorpassagebehinderung rasch abnimmt und der Hydrocephalus internus sich oft völlig zurückbildet (siehe auch KAZNER u. SCHIEFER, 1966). Bei Kindern ist hier die Normalisierungstendenz größer als beim Erwachsenen. Rezidive oder arachnitische Verklebungen, die die Liquorpassage beeinträchtigen, lassen sich im Ultraschallbild sofort an einer zunehmenden Weite des Doppelechos von den Wänden des 3. Ventrikels erkennen. Auch bei den Kindern mit operierten Großhirntumoren kann meist nach der Exstirpation eine gewisse Erweiterung der ersten drei Hirnkammern im Echoencephalogramm nachgewiesen werden. Der Querdurchmesser des 3. Ventrikels lag bei 14 von uns kontrollierten Kindern mit durchschnittlich 2, 0 (6, 0 - 9, 0) mm deutlich über der Altersnorm. Der Rückgang eines Hydrocephalus der Seitenventrikel nach Torkildsendrainage bei Vorliegen eines Tumors im

Bereich des oralen Hirnstamms, der zu einer Blockade der Foramina Monroi geführt hat, läßt sich echoencephalographisch an einer Vergrößerung des Abstandes Temporalhornaußenwandecho-Endecho und der damit verbundenen Zunahme des Hirnmantelindex verfolgen.

Die Echoencephalographie stellt ein besonders wertvolles Verfahren zur Überwachung von schädelverletzten Kindern mit Hämatomverdacht dar. Durch fortlaufende Kontrolle kann eine sich entwickelnde Blutung anhand einer zunehmenden Mittelechoverlagerung rechtzeitig erkannt werden. Während sich in den früheren Stadien einer Kontusion im Ultraschallbild eine Zunahme und später eine Abnahme der Mittelechoverlagerung nachweisen läßt, ist im weiteren Verlauf nicht selten eine zunehmende Erweiterung des Ventrikelsystems zu beobachten, ohne die Kinder einer Luftencephalographie unterziehen zu müssen. Anfänglich haben wir zur Bestätigung der echoencephalographischen Messungen noch pneumencephalographiert. Da hierbei stets eine völlige Übereinstimmung zwischen den Befunden beider Untersuchungsmethoden vorhanden war, kann die Echoencephalographie als zuverlässige Methode bei der Überwachung von Schädelverletzten auch in Stätstadien angesehen werden. Die maximale posttraumatische Erweiterung des 3. Ventrikels betrug in einem Fall 13 mm. Dieses Kind verharrte bis zum Tode in einem stuporartigen Zustand (apallisches Syndrom). Bei Kindern bis zu einer Weite der 3. Hirnkammer von 11 mm wurden weitgehende Restitutionen gesehen. Es konnte beobachtet werden, daß die Ventrikelerweiterung nicht weiter zunimmt, wenn das Bewußtsein wiedergekehrt ist.

Die Echoencephalographie gibt also Aufschluß über Vorgänge innerhalb der Schädelkapsel, die sich früher nur durch Kontrastmitteluntersuchungen oder überhaupt nicht feststellen ließen. Durch ihre vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten hat sie sich zu einer

unentbehrlichen Zusatzuntersuchung entwickelt. Besonders in der ambulanten Verlaufskontrolle stellt die Methode ein einfaches und zuverlässiges Untersuchungsverfahren dar.

VII. Fehler und Grenzen der Echoencephalographie.

Bei der Echoencephalographie handelt es sich zwar um eine einfache Methode. Diese Einfachheit betrifft aber im Wesentlichen den technischen Aufwand. Die Ableitung der Echogramme selbst stellt ebenfalls keine besonderen Anforderungen an den Untersucher; es erfordert jedoch große Übung, die einzelnen Reflexionen richtig zu deuten und eine exakte Diagnose aufgrund des Ultraschallbildes zu stellen. Eine Ausführung durch medizinisches Hilfspersonal, wie es zum Beispiel WHITE befürwortet, erscheint uns nicht zweckmäßig. Zur Beurteilung der Echogramme ist die Kenntnis des klinischen Befundes und der Vorgeschichte erforderlich; der Untersucher muß eine genaue Vorstellung von den beschallten Hirnstrukturen haben und nicht selten die Indikation zu einer Operation in dringenden Fällen alleine nach dem echoencephalographischen Befund stellen.

Auf verschiedene Ursachen von Fehlmessungen wurde bereits hingewiesen. So kann das Kopfschwartenhämatom eine Massenverschiebung vortäuschen; auch durch Verwechslung der Reflexionen des 3. Ventrikels mit dem Mittelecho können Irrtümer entstehen. Die Fehldiagnose einer Erweiterung der dritten Hirnkammer kommt durch Ablesen der Reflexionen der Seitenventrikel an Stelle der Wände der dritten Hirnkammer zustande. Beim Säugling ergeben sich besondere Schwierigkeiten durch die Vielzahl der Reflexionen. Diese kann durch reduzierte Impulsstärke und Verwendung von Prüfkopfen mit einer Frequenz von 4 MHz vermieden werden. Die größten Anforderungen treten an der Untersucher heran, wenn zusätzliche Reflexionen im Echoencephalogramm zu sehen sind, wie zum

Beispiel bei Hämatomen, subduralen Ergüssen oder Tumoren, die im Beschallungsbereich liegen. Bei der letzten Gruppe waren dementsprechend Fehlmessungen und nicht deutbare Echoencephalogramme am häufigsten.

In der Literatur wird die Zuverlässigkeit der Echoencephalographie durchweg sehr hoch eingeschätzt. Die Übereinstimmung mit den enuroradiologischen Untersuchungsbefunden beträgt nach den Autoren, die über größere Serien verfügen, weit über 90 % (JEPPSSON, 1961; LITHANDER, 1961; FORD u. AMBROSE, 1963; SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER, 1963). In der vorliegenden Untersuchungsserie von 549 Kindern hatten wir in 7 Fällen eine Fehlmessung oder ein nicht deutbares Echoencephalogramm vor uns. Bezogen auf die neuroradiologisch, operativ oder bei Sektionen kontrollierten Kinder (215) bedeutet dies eine Übereinstimmung in 96, 7 % der Fälle. Der Fehler bei mittelständigem Ventrikelsystem betrug nicht einmal 1 %.

VIII. Zusammenfassung.

Die diagnostischen Möglichkeiten der Ultraschallechoencephalographie bei Säuglingen und Kindern werden an einem Krankengut von 360 Patienten besprochen. Die Grenzen des normalen Echoencephalogramms im Kindesalter konnten bei 189 Kindern im Alter von 3 Tagen bis 14 Jahren untersucht werden. Dabei fand sich, daß eine Abweichung des Mittelechos um mehr als 1, 5 mm mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit einen raumfordernden intrakraniellen Prozeß anzeigt.

Besondere Bedeutung kommt der Echoencephalographie bei der frühzeitigen Erkennung von raumfordernden Blutungen nach Schädel-Hirntraumen zu, wobei Hämatomechos nicht selten die genaue Lokalisation und Artdiagnose eines Hämatoms zulassen.

Auch bei den Hirngeschwülsten im Kindesalter stellt die Echoencephalographie eine wertvolle Zusatzuntersuchung dar, die über vorhandene Massenverschiebungen im supratentoriellen Raum und Ventrikelerweiterungen bei Mittelhirn- oder Kleinhirntumoren Auskunft gibt. Ein symmetrischer Hydrocephalus internus kann mit hoher Sicherheit aus dem Ultraschallbild diagnostiziert werden. Bei Kindern ist es wegen der geringen Dicke des Schädelknochen häufiger als beim Erwachsenen möglich, Reflexionen von Hirntumoren selbst auf dem Bildschirm zu registrieren. Es gestaltet sich jedoch äußerst schwierig, diese Tumorechokomplexe richtig zu deuten. Artdiagnostische Schlüsse können hieraus nicht gezogen werden. Die Echoencephalographie dient hier wohl als wegweisende Untersuchung, kann jedoch die Kontrastmitteluntersuchungen nicht völlig ersetzen.

Der kindliche Hydrocephalus bildet eines der Hauptanwendungsgebiete für die Ultraschalluntersuchung. Hier gelingt es, die Dicke des Hirnmantels in verschiedenen Bereichen zu messen

und nach Durchführung einer liquorableitenden Operation den Erfolg unserer Maßnahmen anhand einer Zunahme der Hirnmanteldicke zu beurteilen. Auch Hirnmißbildungen, Ventrikelerweiterungen bei frühkindlicher Hirnschädigung, nach Meningitis, bei chronischen Anfallsleiden und nach schweren Schädel-Hirnverletzungen sind sofort zu erkennen.

Am eigenen Krankengut wurde beim Vergleich mit den neuroradiologischen Untersuchungsmethoden eine Übereinstimmung in 96, 7% der Fälle registriert. Die Echoencephalographie stellt in der Hand des Erfahrenen eine sehr zuverlässige Zusatzuntersuchung bei Erkrankungen des Schädelinhalts im Kindesalter dar, die wegen ihrer Gefahrlosigkeit und einfachen Handhabung breitere Anwendung finden kann.

IX. Literaturverzeichnis

ADAM, A.: Erste Versuche mit Ultraschallbehandlung im Kindesalter. Mschr. Kinderheilk. 97, 391 - 393 (1949).

AMBROSE, J.: Pulsed ultrasound. Illustrations of clinical applications. Brit. J. Radiol., 37, 165 - 178 (1964).

ANDREW, D.S.: Ultrasonography in pregnancy. An enquiry into its safety. Brit. J. Radiol. 37, 185 - 186(1964).

BARTH, G. u. H.A. BÜLOW: Zur Frage der Ultraschallschädigung jugendlicher Knochen. Strahlentherapie 79, 271 - 280 (1949).

BERGMANN, L.: Der Ultraschall. 6. Aufl. S. Hirzel Stuttgart 1954.

BRAAK, J.W.G. TER, W.A.M. GRANDIA u. M. de VLIEGER: "Echoencephalography" as an aid in the diagnosis of subdural and extradural haematomas. In: A. Biemond et al., Recent Neurological Research, p. 37 - 45. Amsterdam: Elsevier 1959.

BRINKER, R.A., D.C. KING u. J.M. TAVERAS: Echoencephalography. Amer. J. Roentg., 93, 781 - 790 (1965).

BRÜCKNER, H.: Die Bedeutung der Echoenzephalographie für Diagnose und Behandlung der subduralen Hämatome. Beiträge Neurochir. 8, 180 - 191 (1964).

CALATAYUD-MALDONADO, V., C. GELETNEKY u. R. LORENZ: Posibilidades de diagnostico con el ecoencefalograma. Archivos Facultad Medicina Zaragoza, 13, 61 - 83, (1965).

CAMPBELL, J.B. u. J. COHEN: Epidural hemorrhage and the skull of children. Surg. Gyn. Obstetr., 92, 257 - 280, (1951).

CHADDUCK, W.M. u. W.G. CRUTCHFIELD: Extracranial masses complicating the interpretation of echoencephalograms. A new technique for quantitative evaluation. J. Neurosurg., 21, 699 - 703 (1964).

DREESE, M.J. u. M.G. NETSKY: The clinical use of echoencephalography. Virginia med. Mth. 90, 539 - 548 (1963).

FEUERLEIN, W. u. H. DILLING: Zur Bestimmung des Mittelechos in der Echoencephalographie. Nervenarzt, 36, 401 - 403 (1965).

FORD, R. u. J. AMBROSE: Echoencephalography. The measurement of the position of mid-line structures in the skull with high frequency pulsed ultrasound. Brain, 86, 189 - 196 (1963).

FRIEDMANN, G. u. F. THUN: Zuverlässigkeit und Fehlermöglichkeiten der Echo-Enzephalographie bei supratentoriellen raumfordernden Prozessen. Med. Welt, 1964, 689 - 696.

GELETNEKY, K. -L.: Echoencephalographie bei cerebralen Erkrankungen im Säuglings- und Kindesalter. Acta radiol. (Stockh.), diagnosis, 5, 779 - 785(1966).

GORDON, D.: Ultrasound as a diagnostic and surgical tool. Livingstone, Edinburgh and London 1964.

GROSSMAN, C. C.: Clinical diagnostic Application of Ultrasound in Brain Disorders. (Sono-Encephalography). Dis. Nerv. System, 25, 403 - 411 (1964).

GROSSMAN, C. C.: Acoustic Phenomena in Ultrasonic Detection of Brain Tumors. Ultrasonics, 3, 22 - 24 (1965).

HATA, H., H. MARUTA, J. Yoshida, K. ISHIDA u. Y. INABA: Observation of Hydrocephalus by Ultrasound - Evaluation of Effect of Ventriculo-auriculostomy. Japan. Med. Ultrasonics, 2, 41 - 43(1964).

INGRAHAM, F. D. u. D. D. MATSON: Neurosurgery of infancy and childhood. Ch. C. Thomas, Springfield, Illinois, 1954.

JACOBI, G.: Über die Anwendungsmöglichkeit der Echoenzephalographie bei Kindern. Vortrag Deutscher Kinderärztekongress München, 16, Sept. 1964.

JACOBI, G.: Die Echoenzephalographie als diagnostische Methode bei neurologischen Erkrankungen der Kinder. Vortrag, Kon. Nordwestd. Ges. Pädiatrie, Göttingen, 2. 5. 1964.

JACOBI, G. u. P. SCHUCH: Methode und Ergebnisse der Echoenzephalographie, besonders bei Säuglingen. Vortrag Sächs.-Thür. med. wiss. Ges. Kinderheilk., Leipzig, 28. 11. 1964.

JACOBI, G., E. KAZNER, u. J. WOLLENSAK: Subdurale Ergüsse und Hämatome bei Säuglingen und Kindern. Betrachtungen zur Pathogenese, Klinik, Therapie und Prognose. Zschr. Kinderheilk. 96, 199 - 227 (1966).

JEFFERSON, A.: Clinical experiences with echoencephalography. Acta neurochir. (Wien), 10, 392 - 409 (1962).

JEPPSSON, St.: Echoencephalography. III. Further studies on the sources of the midline echo and a clinical evaluation. Acta chir. scand., 119, 445 - 462 (1960).

JEPPSSON, St.: Echoencephalography. IV. The midline echo; an evaluation of its usefulness for diagnosing intracranial expansivities and an investigation into its sources. Acta chir. scand., Suppl. 272 (1961).

KAZNER, E. u. W. SCHIEFER: Echoencephalographische Untersuchungsergebnisse bei Schädel-Hirnverletzungen. Acta radiol. (Stockh.) diagnosis 5, 832 - 842(1966).

KAZNER, E. u. W. SCHIEFER: Das Ultraschall-Echo-Verfahren (Echoencephalographie), eine Methode zur frühzeitigen Erkennung raumfordernder intrakranieller Prozesse. Med. Mschr., 18, 27 - 31 (1964).

KAZNER, E., St. KUNZE u. W. SCHIEFER: Die Bedeutung der Echo. encephalographie für die Erkennung epiduraler Hämatome. Langenbecks Arch. klin. Chir., 310, 267 - 291 (1965).

KAZNER, E. u. W. SCHIEFER: Die Echoenzephalographie bei raumfordernden Prozessen der hinteren Schädelgrube. Acta neurochir.

KRAMER, G.: Die Echoenzephalographie. Deutsch. Med. Wschr. 89, 564 - 567 (1964).

LEKSELL, L.: Echoencephalography. I. Detection of intracranial complications following head injury. Acta chir. scand. 110, 301 - 315 (1955/56).

LEKSELL, L.: Echoencephalography. II. Midline echo from the pineal body as an index of pineal displacement. Acta chir. scand., 115, 255 - 259 (1958).

LILJA, B.: Displacement of the calcified Pineal Body in Roentgen Pictures as an Aid in Diagnosing Intracranial Tumors. Acta radiol. (Stockh.), Suppl. 37, 1939.

LITHANDER, B.: A control method for echo-encephalography. Acta psychiat. scand., 35, 235 - 240 (1960).

LITHANDER, B.: The clinical use of echo-encephalography. Acta psychiat. scand., 35, 241 - 244 (1960).

LITHANDER, B.: Origin of echos in the echoencephalogram. J. Neurol. Psychiat., 24, 22 - 31 (1961).

LITHANDER, B.: Clinical and experimental studies in echoencephalography. Acta psychiat. scand., 36, Suppl. 159 (1961).

LOEW, F. u. S. WÜSTNER: Diagnose, Behandlung und Prognose der traumatischen Hämatome des Schädelinnern. Acta neurochir. (Wien), 8, Suppl. 1960.

McKISSOK, W., J.D.TAYLOR, W.H. BLOOM u. K.TILL: Extradural haematoma. Observation on 125 cases. Lancet 1960 II, 167 - 172.

PIA, H.W.: Die traumatischen Hirnblutungen des Kindesalters. Acta neurochir. (Wien), 11, 583 - 600(1964).

PLANIOL, T., F.MIKOL, J.CHARPENTIER u. J. BUISSON: L'échoencéphalographie: Premiers résultats après six mois d'investigation en neuro-chirurgie, Revue neurol. (Paris), 110, 489 - 505(1964).

SCHIEFER, W., E.KAZNER u. H. BRÜCKNER: Die Echoenzephalographie, ihre Anwendungsweise und klinischen Ergebnisse. Fortschr.Neurol.Psychiat., 31, 457 - 491 (1963).

SCHIEFER W., E.KAZNER u. St. KUNZE: Ergebnisse der Echoenzephalographie bei supratentoriellen Geschwülsten. Zbl. Neurochir., 26, 281 - 195 (1965).

SCHIEFER, W., E. KAZNER u. St. KUNZE: Möglichkeiten und Grenzen der Echoenzephalographie beim Schädel-Hirntrauma. Dtsch. Ärztebl. 63, 2645 - 2648, 2719 - 2722, 2777 - 2780 u. 2793 - 2794(1966).

SCHIEFER, W. u. E. KAZNER: Methodik und diagnostische Möglichkeiten der Echoenzephalographie. Fortschr. Med. 84, 151 - 154 (1966).

SJÖGREN, I.: Echo-ventriculography in infantile hydrocephalus. Preliminary report. Acta neurol. scand. 41, suppl. 13 (1965).

TANAKA, K., K. ITO, u. T. WAGAI: The localization of Brain Tumors by Ultrasonic Techniques. A clinical Review of 111 cases. J. Neurosurg., 23, 135 - 147 (1965).

TAYLOR, J. C., J. A. NEWELL u. P. KARVOUNIS: Ultrasonics in the diagnosis of intracranial space-occupying lesions. Lancet 1961, I. 1197 - 1199.

TÖNNIS, W., R. A. FROWEIN u K. H. EULER: Zur Erkennung der akuten traumatischen intrakraniellen Hämatome. Chirurg., 34, 145 - 151 (1963).

TÖNNIS, W., R. A. FROWEIN, K. H. EULER, W. KRENKEL u. M. GRÜN: Hirn- und Nervenverletzungen bei Kindern und Jugendlichen. Langenbecks Arch. Klin. Chir., 304, 562 - 583 (1963).

UMBACH, W. u. M. KLEY: Untersuchungen mit Ultraschall zur Diagnose und Verlaufskontrolle des kindlichen Hydrocephalus. Dtsch. Med. Wschr., 90, 1313 - 1315(1965).

VLIEGER, M. de u. H. RIDDER: Use of echoencephalography. Neurology (Minneap.), 9, 216 - 223 (1959).

VLIEGER, M. de: Echoencephalography and extracerebral haematomas. In D. Gordon, Ultrasound as diagnostic and surgical tool. Livingstone, Edinburgh and London, 1964.

WAKELY, C. P. G. u. T. K. LYLE: The problem of extradural haemorrhage. Ann. Surg., 100, 39 - 50 (1934).

WHITE, D. N. u. J. B. BLANCHARD: Studies in Ultrasonic echoencephalography. IV. Results of an averaging technique to localize the cerebral midline structure. Neurology(Minneap.) 15, 1041 - 1948 (1965).

WILLOCKS, J., I. DONALD, T. C. DUGGAN u. N. DAY: Foetal cephalometry by Ultrasound. J. Obstet. Gynaecol., Brit. Comm., 71, 11 - 20 (1964).

Lebenslauf

Am 21. März 1940 wurde ich, Margrit Jacobi, als drittes Kind des Internisten Dr. med. Werner Jacobi und seiner Ehefrau Irmhild, geborene Lange, in Aschaffenburg geboren. Von 1946 bis 1950 besuchte ich die Volksschule und anschließend das Mädchenrealgymnasium der Englischen Fräulein in Aschaffenburg. Dort erhielt ich im Sommer 1959 das Reifezeugnis.

Das Medizinstudium begann ich im Wintersemester 1959 in Freiburg. Nach der naturwissenschaftlichen Vorprüfung wechselte ich im Wintersemester 1960/61 nach Mainz über, wo ich mit der ärztlichen Vorprüfung im Frühjahr 1962 abschloß. Anschließend studierte ich drei Semester in München und ab Wintersemester 1963/64 in Erlangen. Am 19. Juli 1965 beendete ich dort mein Studium mit dem Staatsexamen.

Als Meizinalassistentin arbeitete ich bis Januar 1966 an der Neurochirurgischen Universitätsklinik Erlangen und seitdem im Knappschaftskrankenhaus Hausham/Obb..

BUCH- UND FOTODRUCK
LUDWIG MÜLLER
ERLANGEN · FAHRSTR. 5